

黄河上游玛多县生态环境变化遥感监测及成因分析

董立新¹, 王文科², 孔金玲³, 石昊楠¹, 郭振华¹, 麦柳妍¹

(1. 长安大学 研究生部, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学 环境与工程学院, 陕西 西安 710054;
3. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 玛多县是黄河流经的第一县, 是三江源自然保护区的重点地区, 生态系统异常敏感和脆弱。在高海拔的生态脆弱区进行生态环境遥感监测, 不仅利于高寒脆弱生态体系自然规律的研究, 而且可为当地进行生态环境保护与治理提供可操作性强的、科学的决策依据。本文利用 1990 年和 2000 年两期最新的卫星影像数据, 结合野外调查, 对研究区 80 年代以来生态环境变化过程趋势进行对比分析, 并以对 70 年代以来以气候因子为主导的包含冻土环境与水文条件的自然因素变化和人类活动进行分析为基础, 探讨了研究区生态环境变化的成因。

关键词: 生态环境; 遥感; GIS; 黄河源区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)04-0068-05

中图分类号: X171.1; X87

Supervise of Eco-environmental Change Based on RS Methods and Causal Analysis in Maduo County in Upriver Regions of the Yellow River

DONG Li-xin¹, WANG Wen-ke², KONG Jin-ling³, SHI Hao-nan¹, GUO Zhen-hua¹, MAI Liu-yan¹

(1. Department of Graduate Student, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China;

2. Department of Environment and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China;

3. Department of Geoscience and Country's Resource, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China)

Abstract: The first county along the Yellow river —Maduo County is the key region of the state natural protective source regions of Yangtse, Lancang and Yellow River. Supervising the Eco-environmental Change based on RS methods in the frangible and sensitive regions with high altitude will not only benefit the study of the natural law of frangible ecosystem in the cold and high altitude area, but also provide the operable and scientifically decision-making foundation for the local government. Based on two phases of the newest satellite image data (the 1990 and 2000) and field investigation, the eco-environmental evolution processes since 1980s were analyzed. Analyses and discussions were made aimed at the understanding of the trend and causes of eco-environmental changes in the regions over the last 20 years. The causes responsible for the eco-environmental changes in the regions were explored in accordance with the natural element including climate, frozen earth and hydrological change and human activity.

Keywords: eco-environmental changes; remote sensing; GIS; the source region of Yellow River

生态环境是人类赖以生存和发展的空间, 是区域可持续发展的核心和基础。生态系统中不断的物质循环和能量流动与人类活动密切相关。目前, 应用空间信息技术研究生态环境的演变规律及机制已成为区域性研究的重要内容。黄河源区素有“中华水塔”的美誉。近年来, 由于特殊的地理条件和全球气候变化的影响, 该地区发生的湖泊萎缩、草地退化、河道断流及地下水位下降等一系列生态问题日趋显著^[1-4], 对该区域可持续发展产生了极大影响^[5], 已引起广泛关注。试验区地处高原, 自然条件严酷, 人

口稀少, 生态环境脆弱, 对气候变化反应敏感, 研究该地区的生态环境变化将利于揭示高寒脆弱生态体系自然演变的规律^[6], 更重要的是, 该区域对我国其它地区的生态环境有着极大的跨区域性影响^[7]。

因此, 本文利用两期卫星影像数据, 在 GIS 遥感监测系统支持下, 分析了 20 世纪 80 年代以来黄河源区玛多县不同生态类型的变化, 研究自然因子变化和人类活动, 对该地区近 20 a 来生态环境变化及成因进行了分析与探讨, 旨在为区域性生态环境保护与治理提供决策依据。

1 研究区概况

玛多县地处巴颜喀拉山北麓、阿尼玛沁雪山以西的黄河谷地,是黄河源区最主要的县,也被称为“万里黄河第一县”,地理位置为北纬 $33^{\circ}50' - 35^{\circ}40'$,东经 $96^{\circ}50' - 99^{\circ}20'$,面积 $2.60 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。玛多县玛查里(黄河沿)以上的流域地区属于黄河源区,著名的扎陵湖、鄂陵湖就在境内。玛多县年平均气温 $-5^{\circ}\text{C} \sim -2.4^{\circ}\text{C}$,多年平均降水量 307.6 mm 左右,全年蒸发量为 1264 mm ,最大风速可达 26 m/s ,气候高寒干燥。近些年,由于自然因素和人类活动的影响,黄河源区的生态环境日趋恶化,如自 1956 年有水文观测资料以来,黄河曾在玛多县黄河沿水文站发生过 3 次断流,对源区及下游地区的可持续发展产生了巨大影响,为此,2000 年建立的三江源国家级自然保护区中玛多县正处在核心区,是区域生态环境建设治理工作中的重点地区^[8-9]。

2 研究方法

2.1 遥感与 GIS

遥感(RS)具有科学、宏观、快速和可重复获取的优势,利用多时相卫星影像进行变化分析是遥感应用的重要领域,也是生态监测的重要前提^[10]。Landsat TM 数据的每个波段包含不同的生态学特性,7号星的 ETM⁺ 还增加了一个 15 m 分辨率的全色波段,可测定 $2 \sim 4 \text{ hm}^2$ 以上动态变化图斑,适应于大区域的生态环境监测。地理信息系统(GIS)是收集、存储、提取、转换和分析空间数据的强有力工具,它为生态监测提供了一个极为有效的途径。

2.2 生态环境分类系统

基于对地面特征的认识、遥感信息的理解,以及对各种环境问题的可解译性,参照“863”西部金睛行动的“中国生态环境本底调查分类系统”,建立了符合实际、可操作性强、科学的区域生态分类系统。包括人工用地、自然/半自然植被、湿地、水体、未利用土地和永久冰雪冻土带 6 个 1 级类型、11 个 2 级类型和 16 个 3 级类型(图 1—2 中各单元类型代码同此)。

(1) 连续建筑用地:建筑物和道路占用了大部分土地,楼房、道路和其它人工建筑物占整个地面的 80% 以上,其中非线状的植被覆盖的土地和裸地不属于这一类。

(2) 分散建筑用地:黄河上游玛多县建筑物占用了大部分土地,楼房、道路及其它人工建筑物和有植被的土地、裸地相连,而有植被的土地和裸地是不连续的。

(3) 灌草过渡带:由大量草和灌木组成的稠密植被。灌木或矮的木本植被覆盖小于 30% 地区。草本植物与灌丛混交超过 1/3 的区域属此类。

(4) 天然草地:以天然草本植物为主,未经改良的地区。

(5) 荒野地:石南丛生的荒野地区,覆盖着灌丛和草本植物,覆盖度 $> 5\%$, $< 30\%$ 。

(6) 泽沼:多年间大部分时间内,水位处于、接近或超过地表高度且有植被覆盖的地区。

(7) 滩涂:河流湖泊常水位与洪水水位之间的滩地,植被覆盖 $> 5\%$ 。

(8) 河流:自然的河道和其它线形水域。最小宽度 $\geq 100 \text{ m}$ 。

(9) 湖泊:非流动性自然形成,且能从遥感图片上辨认出来的面性水域,不包括水库。

(10) 沙地:地表以沙为主,植被覆盖度 5% 以下的土地,不包括河滩。

(11) 戈壁:地表以砾石为主,植被覆盖度 5% 以下的土地。不包括河滩。

(12) 河滩:没有或有很少量植被的沙质、泥质或砾石质的河床、沙洲和河道内的区域。

(13) 不宜林草荒地:地表为土质的,但不具有支持生命系统的能力,植被覆盖度 $< 5\%$ 。

(14) 裸岩:指地表为岩石、石或石砾,植被覆盖面积 $< 5\%$ 的土地。

(15) 盐碱地:指地表以盐碱聚集,植被稀少,只能生长耐盐碱植物的土地。

(16) 永久雪地冰川:指常年被冰川和积雪所覆盖的土地。

2.3 遥感数据与指标选取

采用 1990 年和 2000 年两期夏季时相的 TM/ETM⁺ 数据,比例尺 1:10 万。生态环境分类数据来源于“863”西部金睛行动江河源地区生态环境遥感动态监测系统研究课题对 TM 数据的解译结果。对比研究区 10 a 来生态景观的变化趋势,分析指标选取生态类型斑块数和面积,使用大型 GIS 软件进行人机交互解译,确定出各类嵌块数目、面积和周长值。

3 研究结果

基于以上分类系统,在 GIS 支持下,由 1990、2000 年两期遥感数据获得各类生态类型的面积及比例、嵌块数的变化情况(见图 1, 2)。可见,玛多县各类生态景观类型变化十分强烈:10 a 间,天然草地、沼泽地和湖泊所占比例明显减少,而沙地和不宜林草荒地有显著增加趋势。一般而言,嵌块数的增加与减

少,反映出生态类型的萎缩或发展变化。图 2(a) 显示,天然草地、沙地、河滩和不宜林草荒地嵌块数明显增加,湖泊嵌块数明显减少,根据遥感数据统计得出,面积大于 6hm^2 的湖泊由 1990 年的 405 个减至 2000 年的 261 个,10 a 间减少一半。据野外考察,玛多至扎陵乡之间的河谷平原有许多湖已干枯,公路便道可直接到达扎陵湖、鄂陵湖湖滨滩地。从面积来看(图 2b),天然草地、沼泽地和湖泊明显减少,面积净减少分别达 -4.05% 、 -37.91% 、 -7.74% ,沙地和不宜林草荒地面积显著增加,净增加 27.86% 和 27.42% 。研究发现,天然草地嵌块数增加而面积减少,斑块平均面积减少,其破碎化程度呈缓慢增加趋势;沼泽、湖泊周长明显减少,周长/面积比减小 $0.54\% \sim 0.67\%$,另外,玛多县盐碱地面积净增加 1 倍以上。综上所述,沙地、盐碱地和不宜林草荒地等劣质土地的增加使天然草地破碎化程度加大,而湖泊和沼泽地的减少表明近 10 a 研究区水源涵养力锐减,沼泽、湖泊萎缩干涸现象加剧,生态环境恶化十分严重。

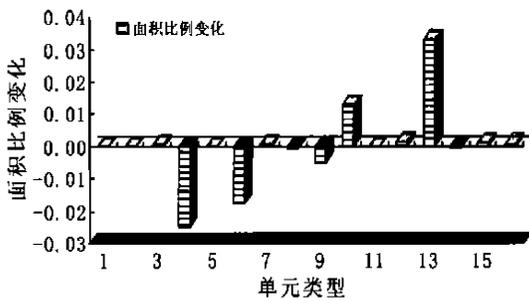


图 1 1990—2000 年各类生态景观面积比例及变化

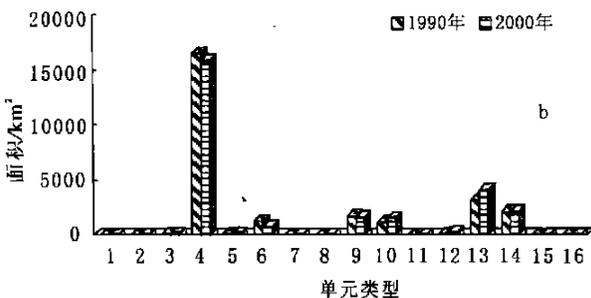
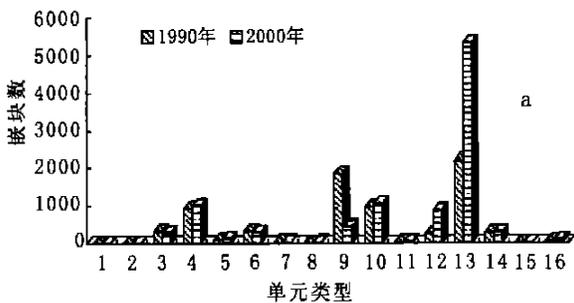


图 2 各类生态景观面积与嵌块数及其变化

a. 景观嵌块数变化; b. 景观面积变化

4 成因分析

在分析高寒、干旱与半干旱地区生态环境特征的基础上,结合野外调查结果,认为影响该区域生态环境的主要因素可归纳为自然因素和人类活动。自然因素包含了气候因子、冻土环境及水文条件等。人类活动主要为过度放牧和不合理开采。

4.1 气候因素

4.1.1 气温和降水变化 根据气象资料,近 30 a 间玛多县年平均气温呈缓慢增加趋势图 3(a),气温平均每 10 a 升高约 0.25°C 。进入 80 年代中后期,年平均气温上升趋势非常明显。90 年代年平均气温分别较 70,80 年代偏高 0.7°C 与 0.4°C 。在年均气温呈逐渐升高的背景下,气温变化还存在季节性差异,冬季显著变暖,夏秋季次之,春季平缓。80 年代的增温主要出现在秋冬两季,进入 90 年代,秋冬季增温势头趋缓,而春夏季增温加剧。

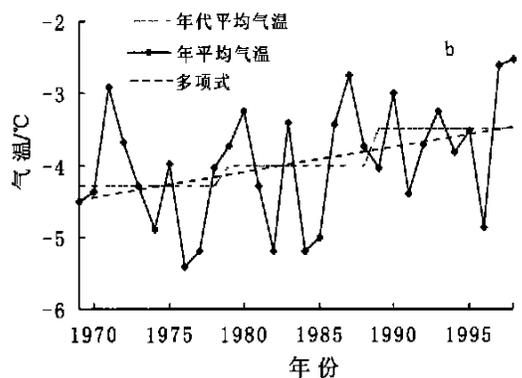
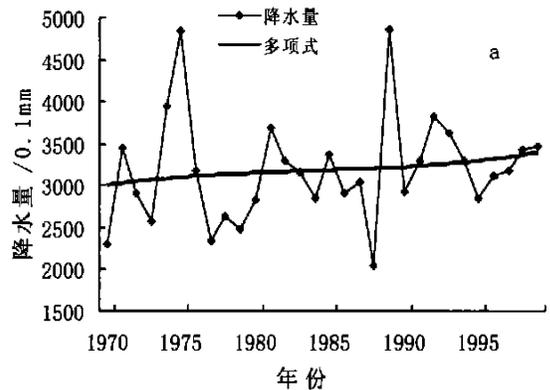


图 3 玛多县年平均气温、降水量变化曲线

从图 3(b) 看出,玛多县近 30 a 年降水量无明显变化,年际变化基本稳定,多年平均降水量 312mm 。但季节性变化较明显,5—9 月降水量占年总量的 85.4% 。春夏季降水明显增多,但由于总量有限,且多为固态降水。春季随着气温迅速回升,积雪大量升华。所以春季降水的利用率较低。夏秋季降水呈明显偏少趋势,资料表明,玛多县是黄河源区夏季降水

偏少最为明显的地区,年均减少速度约为 $0.3\sim 0.5$ mm/年。这种变化加之高温影响,植被长期处于生理干旱,致使草地生态系统变得极为脆弱。

4.1.2 土地干燥指数和蒸发力 从图4看出,自80年代中期,土地蒸发力、干燥指数均呈明显增加趋势,干旱程度日趋严重,土壤含水量减少,导致土地荒漠化加剧,对生态系统十分不利。

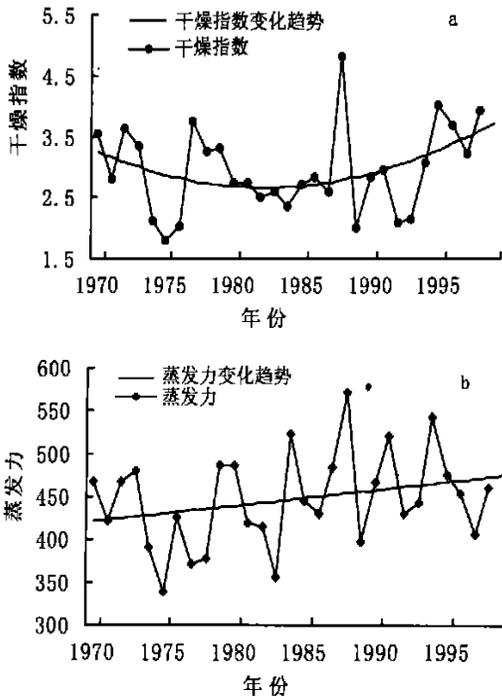


图4 玛多县干燥指数和蒸发力年际变化曲线

4.2 冻土环境变化

玛多县冻土环境的变化对生态环境影响意义重大。多年冻土层不仅可以防止水分下渗,使植被根系层保持高水分,而且易于营养成分的聚集,利于植被生长。然而近30a来,高原20m地温平均升高 $0.2\sim 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,并影响深40m以上冻土地温变化,造成冻土融区范围扩大,季节融化层增厚^[6,11]。玛多县城的多年冻土下界高程升高了52m^[12]。这样多年冻土的退化、冷生隔水层的下移,引起区域地下水位、生态水位的普遍下降^[2],使得植被根系层土壤水分减少,沼泽疏干;使土壤结构、组分发生变化^[13],造成该区发生植被草场退化,优势植物种群演替^[14],沼泽湿地萎缩、鼠害猖獗、荒漠化加剧等生态问题。

4.3 水文变化

4.3.1 地表水变化 研究区地表水主要受降水、蒸发和地质等自然因素的影响。近几年,随着春夏季气温升高加剧,积雪大面积蒸发,融雪水资源迅速减少。加之夏秋季降水明显偏少,地表水资源锐减。据玛多县水文站资料,黄河沿水文站已出现3次断流,其水

流量已从每秒 $30\sim 40\text{ m}^3$ 减少到目前的每秒 10 m^3 。90年代以来,绝大多数年径流量小于多年平均值($7.35\times 10^8\text{ m}^3$)。如1996年仅为多年平均径流量的26.2%。此次遥感监测发现,玛多县河流面积所占比例由1990年的0.19%下降到2000年的0.12%,湖泊由6.48%下降到5.98%。面积大于 6 hm^2 的湖泊由1990年的405个减至2000年的261个,减少一半;大于 10 km^2 的湖泊由13个减至10个; $1\sim 10\text{ km}^2$ 的由27个减至18个; $0.5\sim 1\text{ km}^2$ 的由15个增至16个。扎陵湖、鄂陵湖面积分别由469.4和 613.5 km^2 下降到465.5和 610.6 km^2 左右,湖周出现大片沙漠,据统计,近年来两湖水水位均下降2m以上,蓄水量减少,河流、湖泊萎缩明显,部分小湖泊已干涸。

4.3.2 地下水变化 由于大湖泊的萎缩和小湖泊的干涸,相应受湖水补给的地下水位均出现下降。据玛多县城民井长观资料^[2],自1992年以来地下水位持续下降,8a来,一般下降 $0.52\sim 1.18\text{ m}$,最大 1.68 m ,平均下降速率为 0.1 m/a 。潜水是玛多县居民的主要水源,但随着干旱化,潜水面埋深已达约 6 m ^[15]。地下水水位的下降,使植物可利用水分大为减少,导致草场退化、“黑土滩”范围扩大、鼠虫害猖獗,黄河断流等一系列生态问题。

4.4 人类活动影响

(1) 超载过牧。据玛多县农牧局资料统计,玛多县50年代各类牲畜不到 1.2×10^5 头,60年代初达 $1.47\times 10^5\sim 1.65\times 10^5$ 头,人均53.7头,1979年达到历史最高 6.78×10^5 头;其中1971—1981年10a间家畜头数每年都保持在 $6.65\times 10^5\sim 6.77\times 10^5$ 头,人均110头。超载过牧的结果是草场退化和牲畜头数大减,从1982年全县的牲畜量开始下降,基本保持在 5.00×10^5 头左右,到1999年已降到 2.86×10^5 头,比高峰期下降2.4倍。由于过度放牧,天然草场得不到休养生息,尤其是冬春季草场面积小,放牧时间长,夏秋季草场面积大,放牧时间短,因此,冬春季草场超载过牧较为严重,特别是在水源近的滩地、山坡中下部及河谷两岸等主要草场超载过牧频繁,加剧冬春季草场的负载。根据遥感对比监测,发现草场退化区主要出现在夏季草场和秋季草场、冬春季草场的交接地带。说明在牲畜转场过程中过渡放牧使植被盖度、株高下降明显。这样因为草场季节分布不平衡和人为的不合理利用,导致草场超载过牧,造成草地植被衰退^[16],退化草地面积不断增加。

(2) 滥采乱挖。根据青海省草原总站资料,80年代以来,玛多县每年约有 5×10^4 人涌向草地采挖沙金。滥采乱挖严重毁坏草场资源,破坏生态系统,

据统计,玛多县 1980—1994 年,因非法采金破坏植被面积 $2.13 \times 10^5 \text{ hm}^2$,水土流失和荒漠化加剧^[18],河道两岸草地沙化,涵养功能下降。据遥感监测图,玛多县黄河沿岸的植被明显次于其它地区,主要地物是沙地,少数地区也以低盖度草为主。据 TM 数据,全县 1990 年约有沙地 $1.20 \times 10^3 \text{ km}^2$,2000 年 $1.60 \times 10^3 \text{ km}^2$,增加 1.29%;裸地由 $5.30 \times 10^3 \text{ km}^2$ 增至 $6.20 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。

4.5 鼠虫害影响

玛多县害鼠主要是高原鼠兔和高原田鼠,根据统计,现有鼠害面积 $1.40 \times 10^5 \text{ hm}^2$,中、重度破坏面积 $8.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$,严重地区每 hm^2 达 15 000 多个鼠洞,而每只鼠每年肯食的鲜草就达 47 kg。全县危害严重的地区主要在扎陵湖、黄河、黑河乡地区。气候变暖特别是冬季气温上升,将加快鼠虫发育繁殖速度,危害范围、程度扩大。鼠虫害破坏生草层,使次生裸地不断扩大,是造成草场沙化、退化,形成“黑土滩”的主要原因之一。据测定,受鼠害的阴、阳坡次生裸地地表土壤含水量,比原生的草原地表土壤含水量分别减少水分 22.18%、29.27%^[17]。由此说明,鼠害也降低了草原涵养水分的能力。

5 结 语

玛多县约 $2.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,在这样平均海拔在 > 4 300 m 的面积大县进行生态环境监测,卫星遥感宏观、快速、科学的优势发挥了巨大作用,GIS 则为多源数据的分析处理提供了强有利工具。加大该地区的生态环境变化遥感监测与分析将利于高寒脆弱生态系统自然规律的研究。通过应用证实生态分类系统符合研究区实际,是解译性、可操作性强的、科学的分类系统。研究表明,近 10 a 来玛多县生态环境变化剧烈。表现在天然草地、沼泽和湖泊所占比例明显减少,而沙地和不宜林草荒地不断扩张。同时,沙地、盐碱地和不宜林草荒地等劣质土地的增加使天然草地破碎化程度加大,而沼泽、湖泊萎缩干涸加剧表明水源涵养力减弱。分析认为自然因素和人类活动共同驱动本区域生态环境的变化,而自然因素作为主要因素,其中又以气候因子为主导与冻土环境及水文条件相互影响。

自 70 年代以来由于年平均气温升高、夏季降水明显偏少、土地蒸发力、干燥指数增加,使冻土融区范围扩大,季节融化层增厚,引起区域地下水位、生态水位的普遍下降,同时使地表径流减少、湖泊萎缩干涸,进而使得植被根系层土壤水分减少,导致该区植被草场退化、湿地萎缩、鼠害猖獗、荒漠化加剧等生态问

题。总之,气候变异引起的冻土环境退化、地表径流减少、湖泊萎缩干涸、地下水位、生态水位的普遍下降,以及所叠加的草场超载过度和严重的鼠虫害是研究区生态环境退化的主要成因。

[参 考 文 献]

- [1] 郑本兴,唐邦兴,等.黄河源区生态环境恶化的现状及其原因[J].盐湖研究,2001,9(1):47—52.
- [2] 彭轩明,吴青柏,等.黄河源区地下水位下降对生态环境的影响[J].冰川动土,2003,25(6):667—671.
- [3] 万力,曹文炳,等.黄河源区水环境变化及黄河出现冬季断流的原因[J].地质通报,2003,22(7):521—526.
- [4] 李万寿,吴国祥.黄河源头断流现象成因分析[J].水土保持通报,2000,20(1):5—8.
- [5] 刘迎春.江河源区生态环境与可持续发展[A].中国青藏高原研究会编,青海资源环境与发展文集[C].北京:气象出版社,1996:91—94.
- [6] 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].冰川动土,2000,22(3):200—205.
- [7] 程国栋,张志强,李锐.西部地区生态环境建设的若干问题与政策建议[J].地理科学,2000,20(6):503—510.
- [8] 三江源自然保护区生态环境编辑委员会.三江源自然保护区生态环境[M].青海人民出版社,2002.
- [9] 程揆,田明中,等.黄河源区的自然资源状况与经济可持续发展——以玛多县为例[J].国土与自然资源研究,2001,4:1—4.
- [10] 马明国,陈贤章.基于遥感与 GIS 的黄土丘陵区生态监测系统研究——以定西地区 4 县为例[J].中国沙漠,2003,23(3):280—284.
- [11] 程国栋,李培基,等.气候变化对中国积雪冰川和冻土的影响评价[M].兰州:甘肃文化出版社,1997:70—76.
- [12] 王绍令.青藏高原冻土退还与环境变化探讨[J].地球科学进展,1998,13:65—73.
- [13] 康兴成.青藏高原地区近 40 a 来气候变化的特征[J].冰川动土,1996,18(增刊):281—288.
- [14] 程国栋,王根绪,等.江河源区生态环境变化与成因分析[J].地理科学进展,1998,13(增刊):24—30.
- [15] 程捷,等.黄河源区的自然资源状况与经济可持续发展——以玛多县为例[J].国土与自然资源研究,2001,4:1—4.
- [16] 王根绪,郭晓寅,程国栋.黄河源区景观格局与生态功能的动态变化[J].生态学报,2002,22(10):1587—1598.
- [17] 王岳维,石海宝,等.黄河源头地区的生态建设与保护[J].水土保持通报,1997,17(7):66—71.
- [18] 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.
- [19] 青海省统计局.青海统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,1998.