

# 纵向岭谷区怒江流域生态变化之驱动力分析

冯彦, 何大明, 甘淑

(云南大学亚洲国际河流中心, 云南 昆明 650091)

**摘 要:** 利用纵向岭谷区怒江流域主要县市农业发展统计资料、森林资源调查数据、干流道街坝水文站径流量与输沙量数据和国土资源遥感综合调查成果等, 采用趋势分析、主成分分析 (SPSS) 等方法综合分析了近 40 a 间流域及上下游的生态变化, 并揭示其主要驱动因子。结果表明: (1) 国家和云南省林业和农业等相关政策是影响流域及上下游生态变化的主驱动力, 它们控制着流域内森林资源、土地利用以及水土流失的变化趋势; (2) 人口增长是影响流域土地利用变化的第二驱动力, 其影响力表现为上游大于下游; (3) 1968~2000 年间由河道输沙量来看, 流域内水土流失呈增长趋势, 1999~2004 年间从流域土壤侵蚀面积和侵蚀量上看, 水土流失状况呈减少趋势; (4) 流域水土流失加剧与自然因素、人为活动有密切相关关系; 在影响程度上, 自然要素的控制力大于人为活动。

**关键词:** 怒江; 生态变化; 驱动力; 纵向岭谷区

**中图分类号:** X171.1

**文献标识码:** A

怒江-萨尔温江是东南亚地区重要国际河流之一。中国境内怒江流域上中游所在的“三江并流”区是世界上生物多样性最丰富的地区之一, 名列中国生物多样性保护 17 个“关键地区”的第一位<sup>[1]</sup>。怒江中下游水能资源的开发计划, 自 2003 年起, 引起国内外的关注与广泛的争论<sup>[2-6]</sup>, 其中大坝对流域生态的影响成为争论的焦点。分析纵向岭谷区的怒江流域生态变化, 揭示其主要驱动因子, 将对促进该区保护与发展的协调、维护跨境生态安全、履行国际承诺具有重要意义<sup>[7,8]</sup>。

过去对怒江流域的研究, 涉及到土地覆被、土地利用、环境与发展等问题<sup>[9-12]</sup>, 但对流域生态变化的趋势、特征及其驱动因子的综合分析较少。本文选用纵向岭谷区怒江流域: 主要县市 1978~2003 年统计资料 (36 项指标)、三期森林资源调查数据 (1960~1963 年、1973~1975 年、1984~1986 年)、1968~2000 年干流水文站径流与输沙数据、及 1987

~2000 年云南省国土资源遥感综合调查成果等, 从森林资源、农业土地利用及水土流失三个方面揭示流域生态变化特征及其驱动因子, 以为推动流域经济与生态的和谐发展、建立我国纵向岭谷区跨境生态安全调控体系提供科学依据。

## 1 流域概况

怒江-萨尔温江发源于我国西藏自治区的唐古拉山南麓, 经西藏、云南, 由北向南流经缅甸, 与泰国的交界段形成泰-缅界河, 最后汇入印度洋, 流域总面积  $32.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 多年平均径流量  $2520 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。中国境内流域面积为  $13.78 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 出境处的多年平均年径流量  $703 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 占流域总径流量的 27.3%; 落差 5516 m, 占全流域总落差的 90.5%, 水能资源丰富, 其理论蕴藏量为  $4600 \times 10^4 \text{ kW}$ , 其中干流蕴藏量为  $3641 \times 10^4 \text{ kW}$ , 占全流域的

收稿日期 (Received date): 2007-11-30; 改回日期 (Accepted): 2008-04-28.

基金项目 (Foundation item): 国家重点基础研究发展计划资助项目“纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究” (2003CB415105) [National Key Project for Basic Research on Ecosystem Changes in Longitudinal Range-Gorge Region and Transboundary Ecosystem Security of Southwest China No. 2003CB415105]

作者简介 (Biography): 冯彦 (1967-), 女, 汉族, 2000 年毕业于南京大学自然地理学专业并获理学博士学位, 现任研究员, 主要从事国际河流资源政策法规与管理研究。[Feng Yan (1967-): female Ph. D. of Physical Geography, Nanjing University in 2000. Professor. Research on water resources, ecological security in international rivers.] E-mail: fengyan@ynu.edu.cn

79.2%<sup>[13-15]</sup>。纵向岭谷区云南境内怒江流域涉及怒江、保山、临沧、德宏等 6 个地州的 19 个县市, 流域区面积  $3.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ ; 干流水能资源理论蕴藏量  $1.815 \times 10^4 \text{ kW}$ , 经济可开发量  $1.797 \times 10^4 \text{ kW}$ , 而目前流域水资源开发利用率仅 3.1%, 水能资源开发率仅约 2%<sup>[16-17]</sup>。随着近年来中国能源需求的大幅增加, 怒江作为水能资源的富矿区而成为开发的热点, 同时也成为开发与生态保护争论的焦点区域。

本研究区域集中于纵向岭谷区云南境内的怒江干流, 在综合考虑行政区界与流域界之间的相对一致性、上下游间自然环境差异性基础上, 选择纵向岭谷区内的上游高山峡谷、下游中山宽谷和中山盆地 3 个典型区域的怒江州福贡县、泸水县和保山市的

隆阳区、施甸县、龙陵县 5 县 (区) (覆盖流域面积  $1.53 \times 10^4 \text{ km}^2$ )<sup>1)</sup> [11-17], 进行深入分析和研究, 以揭示流域近几十年的生态变化特征。

## 2 流域森林资源变化及驱动力

### 2.1 森林资源变化

最新调查结果显示, 2000 年怒江流域综合森林植被覆盖率为 57.1%, 其中林分植被类型覆盖率为 47.7%, 经济林类型覆盖率 1.3%, 竹林覆盖率 1.5%, 灌木林覆盖率 6.6%<sup>[18]</sup>。而根据相关文献记载和调查<sup>[19-21]</sup>, 50 多年间, 怒江流域的森林资源在人为活动的干扰下, 发生了大幅度的变化 (表 1)。

表 1 怒江流域内怒江州、保山市森林资源变化 ( $\times 10^4 \text{ hm}^2$ , %)

Table 1 Forest resource changes of Nujiang prefecture and Baoshan city within Nujiang river basin ( $\times 10^4 \text{ hm}^2$ , %)

地区	1950 年 <sup>*</sup>		1963 年 <sup>*</sup>		1975 年 <sup>*</sup>		1987 年 <sup>*</sup>		1995 年 <sup>**</sup>		2000 年 <sup>**</sup>	
	有林地面积	森林覆盖率	有林地面积	森林覆盖率	有林地面积	森林覆盖率	有林地面积	森林覆盖率	有林地面积	森林覆盖率	有林地面积	森林覆盖率
怒江州	74.37	42.8	53.35	30.7	49.46	30.4	64.9	44.1	45.93	45.9	41.77	41.8
保山市	29.74	31.1	26.03	27.18	23.62	24.66	17.59	18.37	16.66	17.4	16.63	17.36

来源: \* 《怒江傈僳族自治州林业志》、《保山地区林业志》其中怒江州的数据包括了兰坪县; \*\* 同期遥感图像提取数据。

流域森林资源的变化特征表现为: 1. 20 世纪 60 年代中期 ~ 70 年代中后期, 怒江流域作为国家商品材输出地, 森林资源的连年砍伐, 人口增长造成用材和薪材消耗增加, 使流域内森林资源大为下降。2. 受人为干扰在空间分布上的不均匀性影响<sup>[19]</sup>, 上下游间在森林资源的消耗与恢复存在明显差异, 上游地区人口较少而交通相对闭塞, 森林资源的消耗表

现为人类干扰强度大时, 有林地面积快速减少, 干扰强度小时, 资源消耗量迅速减小; 而下游地区, 受人口相对较多且交通条件较好等的影响, 森林资源长时间持续减小, 总消耗量达到 44%。

### 2.2 森林资源变化之驱动力

根据上下游森林消耗情况 (图 1 图 2), 对照分析各时期流域内实施的相关农林政策和人为活动,

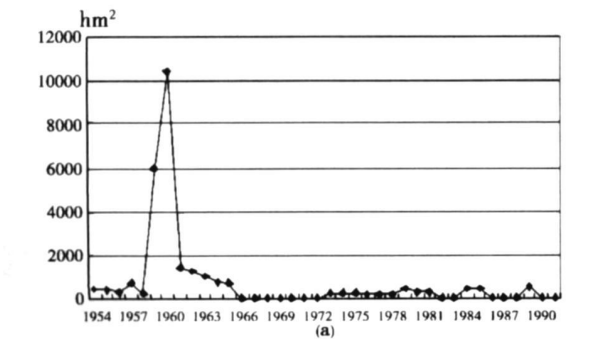


图 1 怒江上游毁林开荒

Fig 1 Deforestation in the upstream in 1954~ 1991

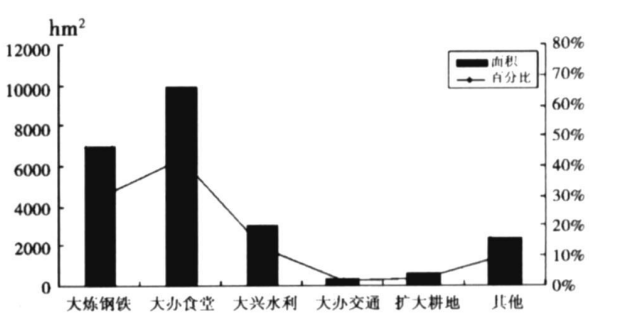


图 2 怒江下游 1958 年 ~ 1960 年森林消耗

Fig 2 Deforestation in the downstream in 1958~ 1960

1) 云南省澜沧江 - 湄公河次区域经济合作协调小组办公室, 云南省水利厅, 云南大学亚洲国际河流中心. 云南省国际河流境内开发利用研究 (内部报告). 2006 年 11 月 10 日.

可揭示出流域森林资源变化的驱动力。

1. 1950年代末~1960年代初,受国家“大跃进”和“人民公社”(1958~1962年)等政策影响,森林资源损失严重,其中“大炼钢铁”和“大办食堂”破坏的森林占总的森林砍伐的70%以上,成为森林资源锐减的主驱动力。流域内森林资源遭到大规模破坏始于1959年,最严重期发生于1960年,并持续到1965年,表明政策驱动下的森林生态效应的延续期为2~3 a。

2. 1980年代初,随着国家林业“三定”政策在云南省的开展,当1983年怒江流域完成“两山”(责任山与自留山)划定之后,森林资源再次出现一定程度的破坏。在认识到“两山”划定产生的问题之后,云南省先后出台一系列木材管理规定,并实行地方行政长官保护、发展森林资源任期目标责任制,使流域森林资源得到逐步提高。

### 3 农业土地利用变化及驱动力

#### 3.1 流域农业土地利用及其驱动力

分析1978~2003年流域内农业土地利用情况,发现在25 a间,在人均播种面积稳定在 $0.133 \text{ hm}^2$ /人左右的情况下,流域总播种面积增长29.88%。分析主要粮食与经济作物种植面积比例变化较为显著的种类(图3),发现:粮食作物在推行联产承包责任制后,其种植面积随着流域内总播种面积的增加,其所占比重也随之增加,但当人均粮食接近和超过300 kg后,粮食作物的种植比重下降,而经济作物或

经济价值更高的作物种植比重增加。可见,在解决温饱以前,土地利用以粮食作物种植为主;解决温饱之后,土地利用结构逐步向经济作物改变。应用主成分分析方法,发现在人均播种面积基本保持不变的情况下,甘蔗和豆类种植面积的扩大主要源于烤烟、玉米和水稻种植面积的减少。自1996年起农民人均纯收入随之进入快速增长期,利用主成分分析,结果显示:农民纯收入增长主要受玉米、薯类和甘蔗产量变化的影响。

分析以上流域土地利用变化特征,可揭示出其驱动力:1. 人口增长是影响耕地面积增加的主驱动力;2. 当人均粮食达到或超过维持温饱水平之后,种植结构从以粮食种植为主向以经济作物种植改变,表明粮食生产水平是耕地用地结构改变的重要驱动力。

#### 3.2 上下游土地利用变化的差异性及其驱动力

针对流域上下游间自然条件、社会与经济发展的差异,分别选择上游地区以高山峡谷为主的福贡县和泸水县,和下游地区以中山宽谷和中山盆地为主的龙陵县、施甸县和隆阳区作为两个典型区域,进行上下游间农业土地利用变化及驱动因子的差异性分析,发现:

##### 1. 农业土地利用及变化差异较大

25 a间上游人均播种面积为 $0.178 \text{ hm}^2$ /人,高于下游的 $0.126 \text{ hm}^2$ /人;上游人均播种面积保持持续增长,直至2001年人均粮食突破400 kg后,其才有所下降,而下游基本稳定,略有起伏;上游地区人均粮食直到1991年才达到300 kg(中国1990年确

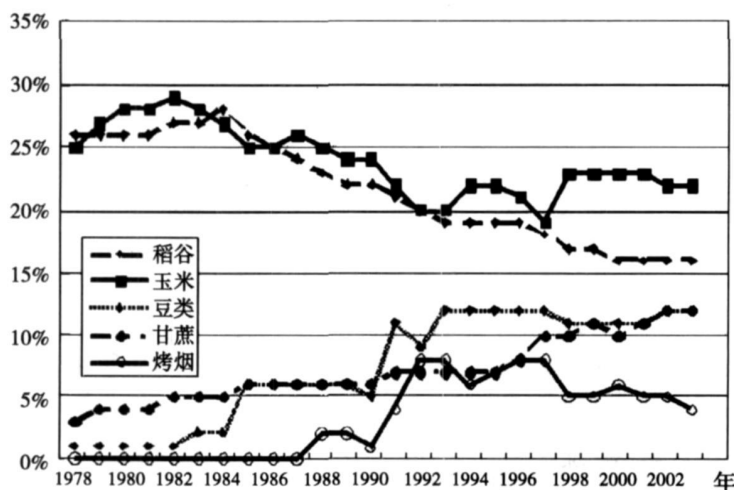


图3 农业土地利用结构变化

Fig. 3 Farmland using structure change

定的贫困线标准),而下游则早在 1980 年实施联产承包制之后就达到了这一水平。

2. 农业种植结构及变化不同

上游地区的粮食种植面积在 25 a 中始终保持较高的比例,占总播种面积的 73% 左右,经济作物的比例增长缓慢,从 1978 年的 2% 到 2003 年增长到 5%;下游地区的粮食种植比例表现出逐步下降的趋势,其从最高的 77% 下降至 2003 年的 64%,而经济作物的种植比例正在不断的增加,从 1978 年的 4% 增长至 2003 年的 22%。上下游农业种植结构变化:上游以粮食作物的内部结构调整为主,其中水稻的种植面积基本稳定,而旱地的种植结构发生了较大的变化,豆类和薯类比重增加与玉米比重减少之间呈显著负相关,相关系数绝对值分别达到 0.878 和 0.906(表 2);下游地区的水稻、小麦种植比重都有较大的减少,豆类和经济作物中的甘蔗比重增加,分析作物间的相关性,发现甘蔗与水稻、烤烟与玉米之间的变化呈显著负相关,相关系数绝对值分别达到 0.927、0.929(见表 2)。

表 2 上下游农业种植结构品种变化间的相关分析  
Table 2 The correlations among the crops changes of farm planting structure in upstream and down-stream (Pearson Correlation)

上 游			下 游						
	水稻	玉米	豆类		水稻	玉米	豆类	甘蔗	
水稻	1				水稻	1			
玉米	0.863	1			玉米	0.786	1		
豆类	- 0.875	- 0.878	1		豆类	- 0.861	- 0.878	1	
薯类	- 0.902	- 0.906	0.961		甘蔗	- 0.927	- 0.681	0.819	1
					烤烟	- 0.840	- 0.929	0.841	0.683

3. 农业生产水平对农民纯收入的不同影响

受自然、社会与经济发展水平等综合因素影响下,以粮食生产为主的上游地区,其农民纯收入水平明显低于经济作物种植比重正不断提高的下游地区,如 2003 年,上游地区农民的纯收入为 1 234 元/人,下游地区的为 2 345 元/人;分析 25 a 期间对上下游农民纯收入影响最明显的作物,其结果显示,影响上游地区农民纯收入的因子依次为粮食作物内的薯类、豆类和玉米,而影响下游地区农民纯收入的是甘蔗、薯类和玉米。

4. 化肥施用与农作物产量间的关系

上游地区化肥施用量与薯类、甘蔗和玉米产量

增加之间的相关性表现较好,但综合比较各类作物种植面积与产量间的关系,发现粮食增产主要源于 1990 年之后杂交玉米和杂交水稻的推广;下游地区化肥的施用量与甘蔗的产量呈显著相关,其相关系数达 0.932 表明化肥的施用使产量增加导致甘蔗产量增加,从而间接影响农民的收入。

分析在 25 a 间上下游农业用地变化之驱动力,发现两者间存在明显差异:1. 上游受自然条件和农业生产水平所限,较长时间内人口增长驱动耕地面积不断扩大;下游地区较好的自然条件与较高的农业生产水平,使得人口增长对耕地增长的驱动作用远小于上游;2. “两杂”品种的推广使上游粮食生产水平得以大幅提高,继而驱动其农业用地结构产生变化;实施联产承包制后,下游粮食生产迅速达到温饱线后,比上游早 11 a 进行农业种植结构的调整;3. 受经济效益与市场变化的驱动,上游通过粮食种植结构的内部调整实现收入的增加,而下游则通过粮食种植向经济作物种植的调整实现收入的增加;上下游间人均收入的较大差距主要源于 1995 年以后下游大面积扩大甘蔗的种植。

4 流域土壤侵蚀变化

利用三期(1987 年、1999 年和 2004 年)云南国土资源遥感调查结果、1968~2000 年怒江下游干流道街坝水文站年输沙量和年平均含沙量,通过趋势分析,发现:

1. 流域层面上,从 1987~1999 年到 1999~2004 年的两个时段间,流域土壤侵蚀面积和侵蚀量从增长转为减小;上游地区则在以上两个时段内,两者的变化情况与全流域变化情况相同;但在下游地区的这两个时段上,两者的变化与流域、上游的情况相反,均表现为增加,特别是后一时段的强度和极强度侵蚀面积比前一时段产生急剧增加,其增量分别为 59% 和 23 倍。

2. 分析流域河道年输沙量与年均含沙量的变化,发现两者总体上均呈增长趋势(图 4),且两者增长趋势一致,说明截止到 2000 年,流域内水土流失情况呈上升趋势,特别是 1998 年大洪水达到最高值;如果分时段对河道输沙量变化进行分析,发现 1968~1986 年间河道输沙量增长平缓,而在 1987~2000 年间其年输沙量则有显著增加(图 5),后者的直线趋势线斜率为前者的近 18 倍。

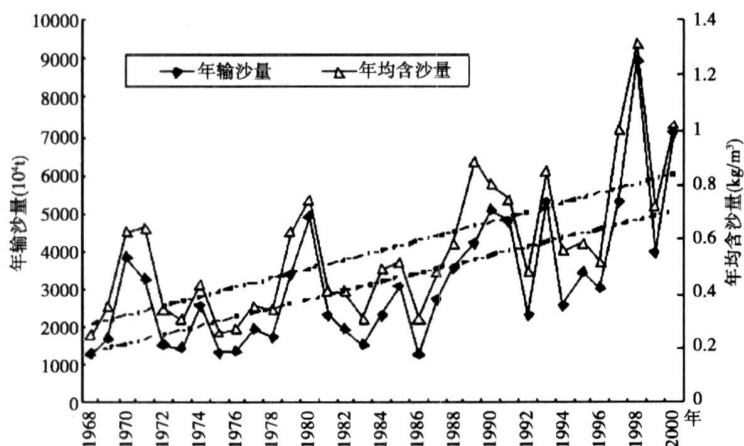


图4 1968~2000年河道输沙量与含沙量变化趋势

Fig. 4 The tendencies of sediment load and sediment content in 1968~2000

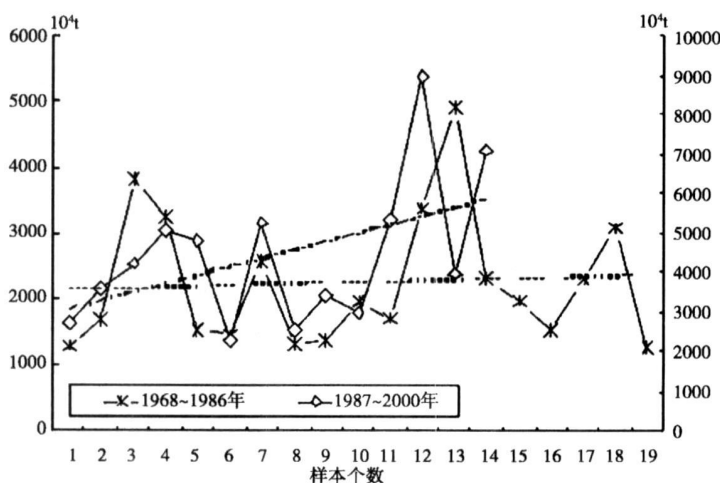


图5 河道1968~1986年与1987~2000年年输沙量变化

Fig. 5 Sediment load variations in 1968~1986 and in 1987~2000

## 5 流域生态变化及驱动力综合分析

在以上森林资源、土地利用及土地侵蚀变化的分析结果基础上,结合1968~2000年道街坝水文断面以上,控制面积内主要4个县(贡山县、福贡县、泸水区和隆阳区)土地利用资料,对怒江流域森林-土地利用-水土流失三者进行关联分析,结果如下:

1. 对流域内5个年份(1963年、1975年、1987年、1995年和2000年)的有林地面积以及对应年份道街坝断面输沙量、径流量和播种面积进行分析,发现随输沙量的增加,有林地面积出现减少,即两者间存在一定的负相关关系;而随输沙量的增加,径流量和总播种面积出现增长(图6),即输沙量与两者存

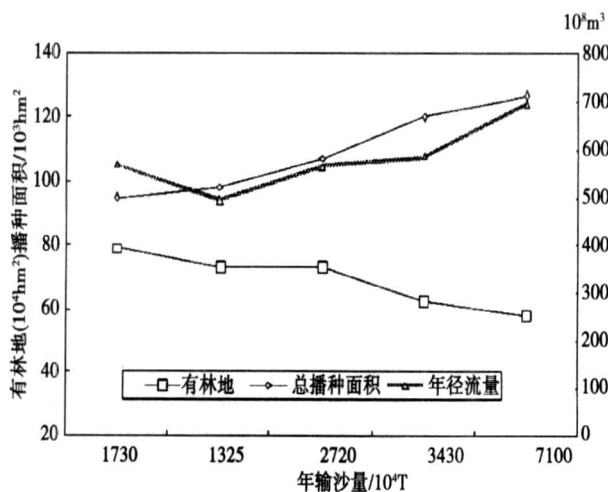


图6 年输沙量与年径流量、有林地和播种面积变化趋势

Fig. 6 The tendencies of annual sediment load with annual runoff

forest acreage and planting area

在正相关关系,说明流域水土流失状况的加剧与自然因素(降水与径流)、人为活动(森林砍伐与耕地扩大)有密切相关关系。

2. 利用 1968~2000 年流域径流、输沙及耕地面积数据,进一步分析人为活动与自然因素对水土流失的影响程度,通过相关性分析,发现:河道年输沙量与年径流量、控制面积内流域播种面积呈显著相关,其相关系数分别为 0.79 和 0.68(图 7 图 8),说明在长时间系列上,流域水土流失的变化主要受

控于自然条件的变化,其次是人为活动的影响。

3. 依据河道年输沙量时间变化特征,分析两个时间序列(1968~1986 年和 1987~2000 年)的河道年输沙量、年径流量与土地利用间的关系,发现 1987~2000 年期间的河道输沙量与年径流量的相关性( $R=0.74$ )较 1968~1986 年期间两者的相关性( $R=0.78$ )减小(图 9 图 10),而 1987~2000 年期间的河道输沙量与播种面积的相关性较 1968~1986 年期间两者的相关性则增加,说明 1987 年以

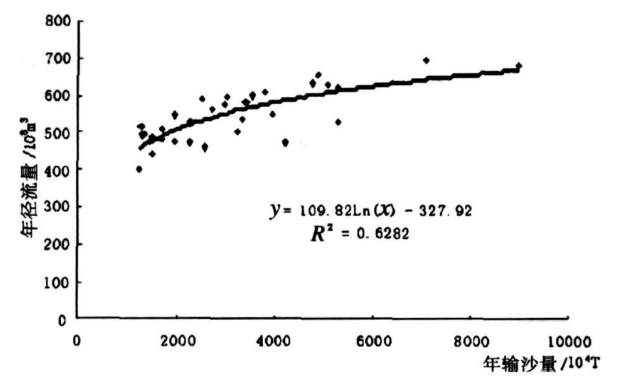


图 7 1968~2000 年输沙量与年径流量关系  
Fig. 7 Relationship between sediment load with runoff

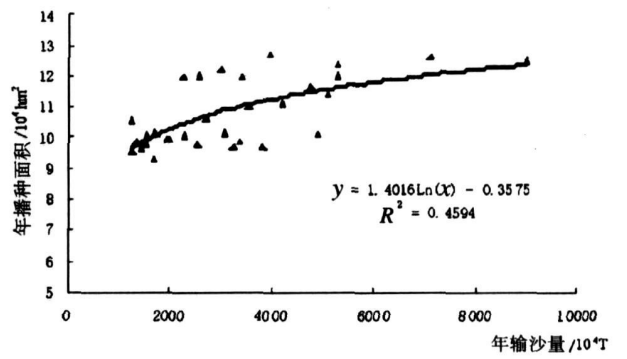


图 8 196~2000 年年输沙量与播种面积关系  
Fig. 8 Relationship between sediment load with the planting area

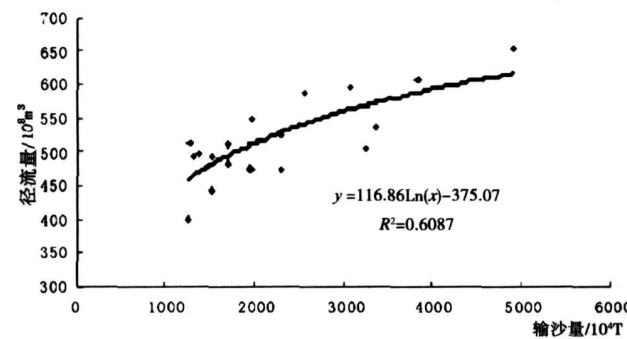


图 9 1968~1986 年输沙量与年径流量关系  
Fig. 9 Relationship between sediment load with runoff in 1968~1986

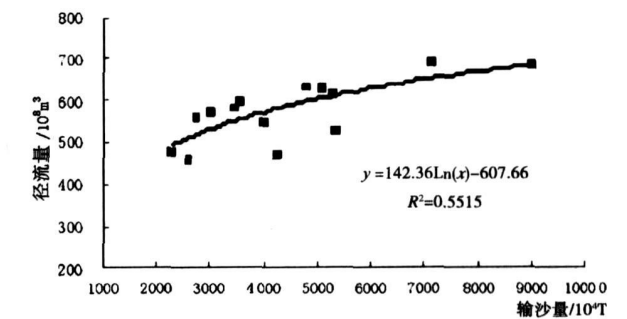


图 10 1987~2000 年年输沙量与径流量的关系  
Fig. 10 Relationship between sediment load and runoff in 1987~2000

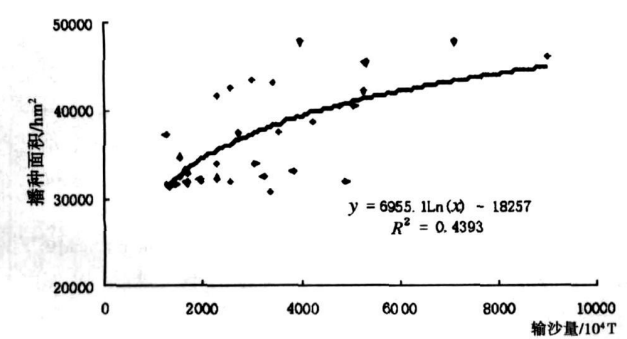


图 11 上游播种面积 - 输沙量  
Fig. 11 Relationship between sediment load and upstream's planting area

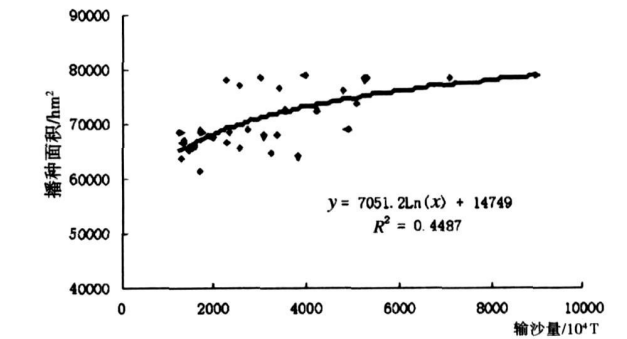


图 12 下游播种面积与输沙量关系  
Fig. 12 Relationship between sediment load with downstream's planting area

后,人为活动对流域水土流失的影响力加大,其主要原因是自上世纪 1980年代中后期流域内甘蔗不断扩大而水稻面积减少造成的。

4. 分析河道输沙量与流域土地利用相关关系在空间上的差异,发现其年输沙量与上、下游的土地利用的关系为下游 ( $R = 0.67$ ) 大于上游 ( $R = 0.66$ ) (图 11、图 12), 但差异不大,说明下游的人为活动(下游的播种面积为上游的近一倍)对流域水土流失的影响大于上游,但由于位于高山峡谷区的上游地区存在大量的陡坡地开垦,加剧了区域水土的流失,也缩小了上下游地区之间土地利用对水土流失的影响力。

## 6 主要结论

通过怒江流域内森林资源、农业土地利用和水土流失变化情况的分析,揭示出流域和上、下游生态变化的主要驱动力有:

1. 国家和云南省林业和农业等相关政策是影响流域及上下游生态变化的主驱动力,它们控制着流域内森林资源、土地利用以及水土流失的变化趋势;并使得流域水土流失的变化与森林资源、耕种面积间存在明显相关关系。

2. 人口增长是影响流域土地利用变化的第二驱动因子,其影响力在空间尺度上表现为上游大于下游;区域生产力水平在时间上决定了土地利用结构与方式变化。

3. 1968~2000年期间河道输沙量呈增长趋势,但 1987~2000年间的增长幅度明显大于 1968~1986年间的增长,并主要受控于自然要素和人为活动强度;在影响程度上,自然要素的控制力大于人为活动;在时间上,1987~2000年时段较 1968~1986年时段,受甘蔗种植面积不断扩大而水稻种植减少影响,使得自然要素对河道输沙量的影响力在减小,人为活动的影响力在增大;在空间上,下游人为活动对输沙量的影响力略大于上游。

## 参考文献 (References)

- [1] The World Natural Heritage "Three Parallel Rivers" [EB/OL]. 2003-08-15. <http://gd.news.sina.com.cn/play/2003-08-15/118191.htm> [世界自然遗产"三江并流"区 [EB/OL]. 2003-08-15. <http://gd.news.sina.com.cn/play/2003-08-15/118191.htm>]

- [2] Nujang River area ecological preservation called for [EB/OL]. 2003

- 9 - 30 <http://www.probeinternational.org/tgp/index.cfm?DSP=content&ContentID=13798>
- [3] Another wrestling over the Nujang River project [EB/OL]. 2004-11-11. <http://www.probeinternational.org/tgp/index.cfm?DSP=content&ContentID=14523>
- [4] 《Outlook》: "Anguishing" the dams on the Nujang River: what is argued? [EB/OL]. 2004-12-6. [http://finance.memail.net/041206/129\\_5\\_338950\\_00.shtml](http://finance.memail.net/041206/129_5_338950_00.shtml) [《瞭望》文章:怒江"争"坝,大坝之争争什么 [EB/OL]. 2004-12-6. [http://finance.memail.net/041206/129\\_5\\_338950\\_00.shtml](http://finance.memail.net/041206/129_5_338950_00.shtml)]
- [5] International Herald Leader: gambling among three benefits in the dam decision-making [EB/OL]. 2005-10-12. <http://mn.cug.edu.cn/case/nujiang/analysis/200510/218.htm> [国际先驱导报:怒江大坝决策中的三方利益博弈 [EB/OL]. 2005-10-12. <http://mn.cug.edu.cn/case/nujiang/analysis/200510/218.htm>]
- [6] Jin Y and Li: Seeking a Public Voice on China's Angry River: The New York Times [EB/OL]. 2005-12-26. <http://nujiang.river.com/articles/26china.htm>
- [7] Three Parallel Rivers Region Under Ecological Threat [EB/OL]. 2006-7-26. <http://www.china.org.cn/english/2006/Jul/175918.htm>
- [8] Aviva Imhof: Impacts of Planned Dams on Three Parallel Rivers World Heritage Site. International Rivers Network. 2006, 3: 1-4
- [9] Zou Xirping, Qi Qingwen, Xu Zeng-rang, et al. Analysis of Land Use/Cover Changes and Its Landscape Ecological Effects in Nujang Watershed [J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2005, 19(5): 147~151 [邹秀萍, 齐清文, 徐增让, 等. 怒江流域土地利用覆被变化及其景观生态效应分析 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 147~151]
- [10] Liu Xinping, Guo Huijun, Gao Changhai. Strategies for Sustainable Development in Nujang Valley of Yunnan Province [J]. *Rural Eco-environment*, 2002, 18(4): 48~51 [刘新平, 郭辉军, 高昌海. 云南怒江流域可持续发展对策研究 [J]. 农村生态环境, 2002, 18(4): 48~51]
- [11] Wu Shaohong, Dai Erfu, He Daming. Major Research Perspectives on Environmental and Developmental Issues for the Longitudinal Range-Gorge Region (LRGR) in Southwest China. *Progress In Geography*, 2005, 24(1): 31~40 [吴绍洪, 戴尔阜, 何大明. 我国西南纵向岭谷区环境与发展问题初步研究 [J]. 地理科学进展, 2005, 24(1): 31~40]
- [12] Luo Weijian, Liu Xinping, Gao Changhai. The discussion of the main problem of the use of the land resource and the returning of cropland project in Nujang Basin of Yunnan [J]. *Yunnan Geographic Environment Research*, 2002, 14(1): 85~91 [罗为检, 刘新平, 高昌海. 云南怒江流域土地资源利用的主要问题与退耕工程探讨 [J]. 云南地理环境研究, 2002, 14(1): 85~91]
- [13] He Daming, Tang Qichen, et al. International Rivers in China [J]. Beijing: Science Press, 2000. 155 [何大明, 汤奇成, 等. 中国国际河流 [J]. 北京: 科学出版社, 2000. 155]
- [14] Peter H. Gleick. The World's Water 2000-2001 (The Biennial Report on Freshwater Resources) [EB/OL]. Washington, D. C. • Covelo, California: Island Press, 2002. 234

- [15] Nujiang River[EB/OL]. 2006-12-5 <http://www.waterpub.com.cn/jfdb/DetaiR iver.asp? ID=38> [怒江. 2006-12-5 <http://www.waterpub.com.cn/jfdb/DetaiR iver.asp? ID=38>]
- [16] Yunnan Provincial Development and Reform Commission. Land and Resource Department of Yunnan Province. Yunnan Provincial integrated survey of remote sensing of land and resources[M]. Kunming: Yunnan Science Press, 2004: (147~297) [云南省发展与改革委员会, 云南省国土资源厅. 云南国土资源遥感综合调查[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004 (147~297)]
- [17] Forest Resource Bureau of Nujiang Lisu Nationality Autonomous Prefecture. Forest Chronicles of Nujiang Lisu Nationality Autonomous Prefecture[M]. Kunming: Yunnan Nationality Press, 1996: 73~79
- [怒江傈僳族自治州林业局. 怒江傈僳族自治州林业志[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1996: 73~79]
- [18] Yang Wenhui. Forest Chronicles of Baoshan Region[M]. Kunming: Yunnan Educational Press, 1996: 29~32 [杨文虎. 保山地区林业志[M]. 昆明: 云南教育出版社, 1996: 29~32]
- [19] Li Zhenghai, Song Guobao, Gao Jieji, et al. Land Use and Land Cover Change along the Topographic Gradients and Stream Corridors in the LRGR[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(suppl): 90~99 [李政海, 宋国宝, 高吉喜, 等. 纵向岭谷区土地利用时空变化与岭谷格局及通道效应的关系研究[J]. 科学通报, 2006, 51(增刊): 90~99]

# The Main Factors to Effect the Ecological Changes in Nujiang Drainage Basin of Longitudinal Range-Gorge Region

FENG Yan, HE Daming, GAN Shu

(Asian International Rivers Center at Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract** Nujiang is the upstream of Salween which is one of the famous international rivers in Southeast Asia. In the recent years, its ecological changes and the effects to the local people and the ones living at the downstream have been brought highly attentions. And some former studies covered some issues on land cover, land use, the sustainable development. So, there were few concerns on the ecological changes, the characters and the main factors.

In order to discover the integrated ecological situation of the Nujiang drainage basin, three aspects of forest coverage, farm land structure and soil erosion and sediment load were analyzed. The statistics data on agricultural development in 1978~2003 with 36 index, forest coverage survey data in 1960s, 1970s and 1980s, land resource surveying and remote sense monitoring data in 1987~2000 of the major counties and cities and data of annual discharge and sediment load at the Daojieba hydrological station in 1968~2000 were used, the ecological changes at the levels of the watershed, the upstream and the downstream during 40 years were analyzed, and the main factors are discovered. The main conclusions were found: (1) the relative national and provincial policies on forestry and agricultural development were the major factor to effect the ecological changes at the watershed, upstream and downstream, that controlled the changing tendencies of forest resource, land use and soil erosion; (2) population growth was the second factor to effect the land-using change of the watershed, and the force was more powerful at upstream than at downstream; (3) in 1986~1987, from the change of the sediment load, the soil erosion was getting heavy; in 1999~2004, from the area and the amount of soil erosion, it was getting light; (4) the increase of soil erosion were controlled by natural elements and human activities, and the force of natural elements was more power than that of human activities.

**Key words** the Nujiang drainage basin; ecological changes; driver; Longitudinal Range-Gorge Region (LRGR)