

云南金沙江流域重力侵蚀量分析

杨子生

(云南大学 资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650091)

摘要: 重力侵蚀量是区域土壤侵蚀总量的重要组成部分,是土壤侵蚀量调查研究中不可忽视的重要内容之一。以云南金沙江流域为例,探讨了区域重力侵蚀量(包括侵蚀的岩土体物质总量和其中的土壤侵蚀量)的测算方法;根据该流域已有的滑坡(崩塌)、泥石流调查研究资料并结合典型调查,在确定各县重力侵蚀量测算参数的基础上,分别计算出各县及全流域的年均重力侵蚀物质总量和土壤侵蚀量,并分析了该流域重力侵蚀量的主要特点。

关键词: 重力侵蚀; 滑坡; 泥石流; 土壤侵蚀量; 金沙江流域

中图分类号: S157.1; P642.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-2242(2002)06-0004-05

Analysis on Amount of Gravitational Erosion in Jinsha River Basin of Yunnan Province

YANG Zi-sheng

(College of Resources Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091)

Abstract The amount of gravitational erosion is an important part of the total amount of regional soil erosion, thus it is an indispensable important content of investigation and study on soil erosion. Taking Jinsha River Basin of Yunnan Province as an example, the paper has probed into the measuring and calculating method of regional gravitational erosion amount (including the total amount of eroded rock and soil matter and soil erosion amount in it). According to the data of landslide (including collapse) and debris flow investigation and study in the Basin in the past, and combining with the on the spot survey of typical landslide and debris flow examples, which has calculated every county and the whole of the Basin of the average annual total matter amount of gravitational erosion and soil erosion amount in it on the basis of delimiting every county of all parameters of calculating gravitational erosion amount, and analysed the main characteristics of the gravitational erosion amount in the Basin.

Key words gravitational erosion; landslide; debris flow; amount of soil erosion; Jinsha river basin

金沙江流域是长江上游的重要组成部分,是我国西部生态环境最脆弱、水土流失最严重的区域之一,已被规划为全国生态环境建设的重点区域。由于山高坡陡、雨季降雨集中且雨强大、岩性软弱破碎、断裂发达等自然因素与人们长期开荒、毁林毁草、陡坡垦殖、顺坡种植、乱开滥挖矿山等不合理土地利用活动的共同影响,云南金沙江流域生态环境日趋恶化,尤其水土流失日益严重化,不仅坡面侵蚀很严重,而且以崩塌、滑坡和泥石流为主的呈“点(线)状”的重力侵蚀也相当严重。土壤侵蚀量的研究是土壤侵蚀定量研究的最基本内容,除坡面侵蚀量外,还应包括重力侵蚀量的研究^[1]。然而,长期以来,重力侵蚀量研究一直属薄弱环节,尽管国内外均有过许多关于具体的某一崩塌、滑坡和泥石流侵蚀物质质量(下崩物质量、下滑物质量、泥石流冲积量)的调查研究和报道,但对区域性重力侵蚀量的系统调查和研究在国内外则均为少见,因而长期以来区域性土壤侵蚀量的调查、分析和研究工作基本上集中于坡面侵蚀量上,不仅未能揭示区域性土壤侵蚀总量,也为正确分析泥沙输移等系列产品带来了困难。鉴此,本文拟对云南金沙江流域重力侵蚀量(包括侵蚀的岩土体物质总量和其中的土壤侵蚀量)作一初步的分析研究,为揭示该流域土壤侵蚀总量以及正确分析侵蚀模数、泥沙输移等问题奠定基础。

1 研究方法

1.1 研究思路与计算模型

区域性重力侵蚀量的调查和测算工作很复杂,最原始的办法就是通过系统、全面的调查(普查),摸清整个研究区域内每一重力侵蚀点(条)的侵蚀物质量,再汇总得出该区域的重力侵蚀总量。这一“原始法”在小区域

* 收稿日期: 2002-03-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(批准号 40061006)

作者简介: 杨子生,男,生于1964年,教授,理学博士。主要从事土地资源与土地利用规划、土壤侵蚀与水土保持、土地生态学与生态建设、自然灾害与防灾减灾等领域的研究工作。已在国内外发表论文50余篇,出版专著8本,获省部级科技成果二等奖2项、三等奖2项,省厅级科技进步一等奖1项(排名第一),并获第二届中国土地青年科技奖。

(如小流域、小县或乡、村等范围内) 研究中一般可以做到, 但对于较大些的区域就很费工、费时、费财了。云南金沙江流域涉及 47 个县(市、区), 总面积达 13 473 774.2 hm² (本文按行政区划计算面积), 这类大规模的调查(普查)工作只能由政府部门组织。本文研究的基本思路是: 通过综合分析已有的崩塌、滑坡和泥石流调查(普查)研究资料^[2-6], 结合我们对典型崩塌体、滑坡体和泥石流堆积体物质方量、物质组成、容重等指标参数所开展的调查、访问, 弄清流域内各县(市、区) 现有崩塌、滑坡和泥石流灾害点总数目以及不同规模等级的崩塌体数目、滑坡体数目、泥石流体数目; 合理确定各规模等级崩塌体的下崩物质平均体积、平均容重及土粒占下崩岩土体比例, 各规模等级滑坡体的下滑物质平均体积、平均容重及土粒占下滑岩土体比例, 各规模等级泥石流体的平均固体物质一次冲出方量(体积)、平均容重及土粒占泥石流岩土体比例; 并根据近 10 多年各县(市、区) 崩塌、滑坡、泥石流发生情况的记载和调查, 确定出各县(市、区) 崩塌、滑坡、泥石流年均暴发(发生)率。在此基础上, 构建一定的计算方法模式, 可以较为简便地测算出各县(市、区) 及整个流域各类重力侵蚀的年均侵蚀量(包括年均侵蚀岩土体物质总量和其中的土壤侵蚀量)。鉴于云南划分崩塌和滑坡规模的标准相一致(表 1), 调查研究中常常将此二者合在一起进行分析^[3], 据此也将崩塌和滑坡合在一起进行测算和分析。据此思路, 提出基本计算模型如下:

$$AG = AL + AD; AL = BL \times E(VLi \times NLi \times RLi); AD = BD \times E(VDi \times NDi \times RDi);$$

$$AGS = ALS + ADS; ALS = AL \times RLS; ADS = BD \times RDS$$

式中: AG 表示研究区域年均重力侵蚀总量 (10^4 t/a); AL, AD 分别表示研究区域年均滑坡(含崩塌, 下同)侵蚀量、泥石流侵蚀量 (10^4 t/a); N^{Li}, V_{Li}, B_L 分别表示各规模等级滑坡体的数目(个)、下滑物质平均体积 (10^4 m³)、平均容重 (t/m³); N_{Di}, V_{Di}, B_D 分别表示各规模等级泥石流体的数目(个)、平均固体物质 1 年冲出方量(体积) (10^4 m³)、平均容重 (t/m³); R_{Li}, R_{Di} 分别表示研究区域各规模等级滑坡、泥石流年均发生率(%)。 AGS 表示研究区域年均重力侵蚀物质总量中的土壤侵蚀量 (10^4 t/a); ALS, ADS 分别表示研究区域年均滑坡侵蚀物质质量中的土壤侵蚀量、泥石流侵蚀物质质量中的土壤侵蚀量 (10^4 t/a); R_{LS}, R_{DS} 分别表示研究区域下滑物质中的平均土壤比例(%)、泥石流固体物质冲出量中的平均土壤比例(%)。

1.2 重力侵蚀规模分级

崩塌、滑坡、泥石流规模的大小是衡量崩塌、滑坡、泥石流活动强度的重要指标之一, 也决定着崩塌、滑坡、泥石流灾害的大小和对土地资源的破坏程度。因此, 合理划分其规模等级很重要。目前, 划分崩塌、滑坡、泥石流规模的指标主要是体积和面积。体积指标的大小取决于崩塌体、滑坡体、泥石流堆积体的长度、宽度和厚度 3 个参数, 是三维立体空间参数的综合量度, 也反映了重力侵蚀的强度。面积指标的大小决定于崩塌体、滑坡体、泥石流堆积体的长度和宽度 2 个参数, 是反映水平空间范围大小的基本指标, 可称为平面规模或水平规模。尽管崩塌体、滑坡体、泥石流堆积体的面积与体积在一定程度上存在着正相关关系, 而且在一般野外调查和遥感资料(航片、卫片)判读(解译)中, 面积指标更易获得, 但由于崩塌体、滑坡体、泥石流堆积体的厚度往往具有较大的时空差异性(包括地域差异和不同时期的差异), 面积数据难以较准确地反映出崩塌体、滑坡体、泥石流堆积体的立体规模(物质方量), 有时甚至差异很大。因此, 综合考虑面积指标和体积指标的优缺点, 参照云南省以往崩塌、滑坡、泥石流调查研究中采用的划分指标将崩塌、滑坡、泥石流规模分级体系确定为 4 级制, 即划分为特大型(或巨型)、大型、中型和小型 4 个等级, 其分级标准见表 1。

表 1 滑坡泥石流规模级别与划分标准表

滑坡泥石流规模级别	按体积划分的标准 (10^4 m ³)			按面积划分的标准 (km ²)	
	滑坡(崩塌): 下滑(下崩)物质体积	泥石流 固体物质 1 次冲出量	泥石流 固体物质 1 年冲出量	滑坡(崩塌): 滑坡区(崩塌区)面积	泥石流: 堆积区面积
特大型	> 1000	> 10	> 100	> 1.0	> 2.0
大型	100~ 1000	5~ 10	50~ 100	0.5~ 1.0	1.0~ 2.0
中型	10~ 100	1~ 5	10~ 50	0.1~ 0.5	0.2~ 1.0
小型	< 10	< 1	< 10	< 0.1	< 0.2

1.3 重力侵蚀量计算参数的确定

根据已确定的研究思路, 通过系统收集和整理、分析已有调查成果及统计、记载, 结合典型调查与访问, 确定出各县(市、区)重力侵蚀量计算的各项参数, 简述如下:

* (1) 云南省灾害防御协会、云南省灾害地质研究会. 地质灾害与减灾知识问答. 1993. (2) 云南省地质矿产局第一、二水文地质工程地质大队. 云南省地质灾害调查及对策研究报告. 1990.

各规模等级滑坡 (N_{Li}) 和泥石流数目 (N_{Di}): 经综合分析统计, 云南金沙江流域各规模等级的滑坡体和泥石流数目共计 3 350 个, 其中滑坡 (含崩塌) 约占 66.9%, 泥石流约占 33.1% (见表 2)。各县 (市、区) 差异很大, 下游的昭通地区、昆明市东川区以及曲靖市的会泽、宣威等县 (市) 滑坡和泥石流数目最多, 规模也较大; 上游的迪庆州、丽江地区滑坡和泥石流数目亦多, 但规模相对较小; 中游地区多数县 (市、区) 滑坡和泥石流数目较少, 规模也较小。

表 2 云南金沙江流域滑坡泥石流灾害点规模调查统计

	规 模	特大型	大型	中型	小型	合计
滑坡 (含崩塌)	灾害点数目 (处)	51	106	329	1755	2241
	占总点数 (%)	2.28	4.73	14.68	78.31	100.00
泥石流	灾害点数目 (条)	40	94	248	727	1109
	占总点数 (%)	3.61	8.48	22.36	65.55	100.00
合 计	灾害点数目 (个)	91	200	577	2482	3350
	占总点数 (%)	2.72	5.97	17.22	74.09	100.00

各规模等级滑坡体下滑物质平均体积 (V_{Li})、平均容重 (B_L)、年均暴发率 (R_{Li}) 及下滑物质总量中土壤比例 (R_{Ls}): 根据典型地区滑坡 (含崩塌) 侵蚀物质量的调查和综合分析, 将各县 (市、区) 各级规模滑坡体的下滑物质平均体积 (V_{Li}) 和年均暴发率 (R_{Li}) 确定为: 特大型平均体积 $1\ 080 \times 10^4 \sim 1\ 300 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率为 5.0% ~ 6.5%; 大型平均体积 $280 \times 10^4 \sim 320 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率为 6.0% ~ 8.5%; 中型平均体积 $40 \times 10^4 \sim 55 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率为 7.0% ~ 10.0%; 小型平均体积 $4 \times 10^4 \sim 6 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率为 11.0% ~ 13.5%。各县 (市、区) 下滑物质平均容重 (B_L) 取 $2.2 \sim 2.3\ \text{t}/\text{m}^3$; 下滑物质总量中的平均土壤比例 (R_{Ls}) 取为 16.0% ~ 23.0%。

各规模等级泥石流平均固体物质 1 年冲出方量 (V_{Di})、平均容重 (B_D)、年均暴发率 (R_{Di}) 及泥石流固体物质冲出量中的平均土壤比例 (R_{Ds}): 根据已有调查研究成果及对典型地区泥石流侵蚀物质量的调查分析, 将各县 (市、区) 各规模等级泥石流平均固体物质 1 年冲出方量 (V_{Di}) 和年均暴发率 (R_{Di}) 确定为: 特大型平均方量 $160 \times 10^4 \sim 180 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率 7.0% ~ 15.0%; 大型平均方量 $65 \times 10^4 \sim 80 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率 8.0% ~ 20.0%; 中型平均方量 $25 \times 10^4 \sim 35 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率为 8.0% ~ 25.0%; 小型平均方量 $4.5 \times 10^4 \sim 8.5 \times 10^4\ \text{m}^3$, 年均暴发率为 12.0% ~ 30.0%。各县 (市、区) 泥石流固体物质冲出量中的平均土壤比例 (R_{Ds}) 取值约为 70%; 泥石流固体物质平均容重 (B_D) 变幅在 $1.7 \sim 2.4\ \text{t}/\text{m}^3$ 之间, 平均取值约为 $2.0\ \text{t}/\text{m}^3$ 。

确定了各项计算参数后, 即可按上述公式较为简便地计算出各县 (市、区) 及整个流域的年均重力侵蚀量 (包括滑坡侵蚀量和泥石流侵蚀量) 及其中的土壤侵蚀量。

2 结果分析

测算结果 (表 3) 表明, 云南金沙江流域重力侵蚀具有以下显著特点

2.1 该流域重力侵蚀非常严重, 是一种突发性、小范围、高强度的特殊侵蚀形式

云南金沙江流域具有一定规模的重力侵蚀点约有 3 350 处, 占整个云南省的 41.6%; 重力侵蚀点平均密度 $24.9\ \text{处}/10^3\ \text{km}^2$, 大于云南省平均值 ($21.0\ \text{处}/10^3\ \text{km}^2$)。在重力侵蚀点总数中, 滑坡 (含崩塌) 2 241 处 (点), 占 66.90%; 泥石流 1 109 处 (条), 占 33.10%。上述 3 350 处重力侵蚀点并非每年全部发生, 而是具有突发性的特点, 有的点暴发较为频繁 (甚至年年发生, 如著名的东川蒋家沟泥石流每年暴发数次甚至数十次), 有些点暴发频率较低, 10 多年甚至数十年才暴发 1 次。全流域重力侵蚀点年均发生数约为 433 处, 占重力侵蚀点总数的 12.93%。其中, 特大型重力侵蚀点年均发生数为 6.85 处, 发生率为 7.5%; 大型重力侵蚀点年均发生数为 20.0 处, 发生率 10.0%; 中型重力侵蚀点年均发生数约为 65.5 处, 发生率 11.4%; 小型重力侵蚀点年均发生数为 340.65 处, 发生率 13.7%。重力侵蚀的范围一般很小, 如滑坡 (崩塌) 体面积绝大多数在 $1\ \text{km}^2$ 以下, 有些不足 $1\ \text{hm}^2$, 全流域滑坡 (崩塌) 年均发生总面积仅 $27.186\ \text{km}^2$, 占该流域土地总面积的 0.02%, 平均每个滑坡 (崩塌) 发生点面积为 $0.0997\ \text{km}^2$; 泥石流沟面积绝大多数在 $15\ \text{km}^2$ 以下, 有的不足 $1\ \text{km}^2$, 全流域泥石流沟年均发生总面积为 $647.55\ \text{km}^2$, 占该流域土地总面积的 0.48%, 平均每条泥石流沟面积为 $4.04\ \text{km}^2$ 。因此, 重力侵蚀点数目虽多, 但其范围很小, 属于小面积的局地性侵蚀。

重力侵蚀的强度很大: 全流域滑坡 (崩塌) 年均侵蚀物质总量达 $19\ 913.90 \times 10^4\ \text{t}$, 其中土壤侵蚀量为 $3\ 916.30 \times 10^4\ \text{t}$, 平均每个滑坡 (崩塌) 发生点侵蚀物质总量达 $73.03 \times 10^4\ \text{t}$, 其中土壤侵蚀量为 $14.36 \times 10^4\ \text{t}$; 泥石流沟年均侵蚀物质总量达 $6\ 894.18 \times 10^4\ \text{t}$, 其中土壤侵蚀量为 $4\ 825.95 \times 10^4\ \text{t}$, 泥石流沟年均每条侵蚀物质总量达 $43.0 \times 10^4\ \text{t}$, 其中土壤侵蚀量为 $30.10 \times 10^4\ \text{t}$ 。若按滑坡体面积计算, 年均滑坡 (崩塌) 发生点总侵蚀模数达 $732.49 \times 10^4\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 其中土壤侵蚀模数达 $144.05 \times 10^4\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 地表物质总侵蚀深度达 $326.9\ \text{cm}/\text{a}$ 。这表明滑坡 (崩塌) 作为斜坡上的岩土体在重力作用下整个下滑 (下崩) 的特殊现象和过程, 是一种毁坏

性的特殊侵蚀形式,对当地土地资源、生态环境及社会经济和人民生命财产往往造成很大的危害。按泥石流沟面积计算,年均发生泥石流沟总侵蚀模数达 $10.65 \times 10^4 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,其中土壤侵蚀模数达 $7.45 \times 10^4 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,泥石流沟平均总侵蚀深度达 $7.45 \text{ cm}/\text{a}$,比一般坡地上的坡面侵蚀强度大数倍至数十倍。更值得一提的是,金沙江流域很大一部分侵蚀物质(包括滑坡侵蚀物质)系以泥石流的形式集中输送到干、支流中,这些平时只有少量溪流或干枯断流的支沟(泥石流沟),一旦暴发泥石流,就会以数 10 至数千 m^3/s 的流量将数千 t 至数 10 万 t 的泥沙倾泻到江河中。

表 3 云南金沙江流域各县市重力侵蚀量计算统计

县市区名称	重力侵蚀合计				滑坡(含崩塌)侵蚀		泥石流侵蚀	
	重力侵蚀物质总量 (10^4 t)	其中:土壤侵蚀量 (10^4 t)	侵蚀模数 ($\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$) (以区域或县土地总面积计)		滑坡侵蚀物质总量 (10^4 t)	其中:土壤侵蚀量 (10^4 t)	泥石流侵蚀物质总量 (10^4 t)	其中:土壤侵蚀量 (10^4 t)
			按侵蚀物质总量计	按土壤侵蚀量计				
中甸县	501.62	127.85	436.7	111.3	413.52	66.18	88.10	61.67
德钦县	886.60	210.70	1219.0	289.7	759.12	121.46	127.48	89.24
维西县	617.89	157.88	1383.1	353.4	508.64	81.40	109.25	76.48
丽江市	443.83	114.61	595.6	153.8	377.08	67.88	66.75	46.73
永胜县	685.28	227.22	1391.3	461.3	504.96	101.00	180.32	126.22
华坪县	145.53	41.90	674.1	194.1	119.93	23.98	25.60	17.92
宁蒗县	892.07	254.33	1483.5	422.9	711.77	128.12	180.30	126.21
鹤庆县	162.73	49.44	691.4	210.1	128.95	25.79	33.78	23.65
洱源县	160.23	47.36	559.0	165.2	129.60	25.92	30.63	21.44
宾川县	542.76	169.34	2136.1	666.5	438.73	96.52	104.03	72.82
祥云县	69.34	23.07	284.4	94.6	50.94	10.19	18.40	12.88
楚雄市	92.83	29.79	209.8	67.33	70.33	14.04	22.50	15.75
南华县	90.07	32.08	397.9	141.7	61.94	12.39	28.13	19.69
牟定县	64.28	16.11	445.9	111.8	57.78	11.56	6.50	4.55
姚安县	48.18	14.02	284.5	82.8	39.43	7.89	8.75	6.13
大姚县	75.97	24.48	187.8	60.5	57.43	11.50	18.54	12.98
永仁县	69.13	23.71	321.1	110.1	49.38	9.88	19.75	13.83
元谋县	190.45	64.68	939.9	319.2	138.70	28.45	51.75	36.23
武定县	179.19	52.40	609.8	178.3	146.44	29.48	32.75	22.92
禄丰县	91.82	31.99	257.3	89.6	64.77	13.05	27.05	18.94
西山区	182.38	39.48	1732.0	374.9	176.38	35.28	6.00	4.20
官渡区	18.00	5.06	179.3	50.4	15.12	3.04	2.88	2.02
呈贡县	5.92	1.84	128.4	39.9	4.60	0.92	1.32	0.92
晋宁县	20.92	5.95	170.7	48.6	17.42	3.50	3.50	2.45
安宁市	39.00	10.84	294.8	81.9	33.00	6.64	6.00	4.20
富民县	50.76	27.44	506.0	273.6	16.23	3.27	34.53	24.17
嵩明县	55.23	16.59	410.7	123.4	44.24	8.90	10.99	7.69
禄劝县	646.56	158.87	1526.8	375.2	588.92	118.52	57.64	40.35
东川区	2059.46	1077.20	11006.4	5756.9	730.66	147.04	1328.80	930.16
寻甸县	710.92	323.07	1978.5	899.1	350.02	70.44	360.90	252.63
沾益县	205.76	94.61	734.5	337.7	97.81	19.05	107.95	75.56
马龙县	55.79	16.80	348.6	105.0	44.54	8.92	11.25	7.88
宣威市	1589.16	378.06	2625.3	624.6	1471.98	296.04	117.18	82.02
会泽县	2563.86	1293.72	4357.4	2198.7	1004.62	202.25	1559.24	1091.47
昭通市	800.89	218.36	3715.1	1012.9	686.06	137.98	114.83	80.38
鲁甸县	869.66	226.70	5839.0	1522.1	765.83	154.02	103.83	72.68
巧家县	1820.87	578.74	5698.4	1811.2	1394.87	280.54	426.00	298.20
盐津县	1209.88	355.28	5983.7	1757.1	987.68	199.74	222.20	155.54
大关县	1471.28	393.24	8558.8	2287.6	1276.40	256.82	194.88	136.42
永善县	1183.55	347.87	4260.6	1252.3	963.40	193.76	220.15	154.11
绥江县	517.84	124.56	6938.5	1669.0	475.84	95.16	42.00	29.40
镇雄县	1733.75	444.17	4690.9	1201.8	1538.87	307.76	194.88	136.41
彝良县	1927.50	606.44	6894.4	2169.1	1485.66	297.15	441.84	309.29
威信县	734.73	199.33	5275.6	1431.2	629.98	126.00	104.75	73.33
水富县	324.61	85.07	7378.0	1933.5	284.33	56.88	40.28	28.19
全流域	26808.08	8742.25	1989.6	648.8	19913.90	3916.30	6894.18	4825.95

2.2 全流域重力侵蚀在整个土壤侵蚀中占很大的比重

金沙江流域土壤侵蚀主要包括发生在广大坡地上一般的坡面侵蚀和发生在局部地点或小范围内的突发性重力侵蚀两部分。据文献[7]测算土壤侵蚀结果,云南金沙江流域 45 个县(市、区)的年均土壤侵蚀量(坡面侵

蚀)为 $24\ 022.78 \times 10^4 \text{ t/a}$,比本文计算得出的全流域年均重力侵蚀土壤量 ($8\ 742.25 \times 10^4 \text{ t/a}$)多 $15\ 280.53 \times 10^4 \text{ t/a}$,而比全流域年均重力侵蚀物质总量 ($26\ 808.08 \times 10^4 \text{ t/a}$)却少 $2\ 753.30 \times 10^4 \text{ t/a}$ 也就是说,该流域年均重力侵蚀面积只有土地总面积的 0.5% ,而年均重力侵蚀土壤量却占全流域土壤侵蚀总量(坡面土壤侵蚀量+重力侵蚀土壤量,即 $32\ 765.03 \times 10^4 \text{ t/a}$)的 26.68% ;若按重力侵蚀物质总量 ($26\ 808.08 \times 10^4 \text{ t/a}$)计,则占全流域侵蚀物质总量(坡面土壤侵蚀量+重力侵蚀物质质量,即 $50\ 830.86 \times 10^4 \text{ t/a}$)的 52.74% 。从各县(市、区)来看,上游的德钦县和下游的会泽、东川、巧家、大关、盐津、绥江、彝良、水富等县(市、区)年均重力侵蚀土壤量占该县(市、区)年均土壤侵蚀总量的 30.0% 以上,其中会泽、东川和大关 3个县(区)年均重力侵蚀土壤量则占该县(区)年均土壤侵蚀总量的 40.0% 以上,具有“泥石流天然博物馆”之称的东川区则达 67.78% ,亦即东川区年均重力侵蚀土壤量已远超过坡面土壤侵蚀量。

2.3 流域内重力侵蚀的地域差异很大,总体上呈“两头(上下游)重、中间(中游)轻”的特点

根据各地重力侵蚀点密度、重力侵蚀强度等指标的不同,大致将该流域划分为上游高山高原峡谷区(简称上游区)、中游中山高原与干热河谷区(简称中游区)和下游中高山山原区(简称下游区)。

上游区:包括迪庆州、丽江地区及大理州的宾川、鹤庆、洱源 3个县,共计 10个县,土地总面积 $5\ 153\ 811.5 \text{ hm}^2$,占全流域土地总面积的 38.23% 。本区因山高坡陡,生态环境脆弱,滑坡(崩塌)、泥石流等重力侵蚀较为突出,区内有一定规模的重力侵蚀点达 993处,占全流域的 29.64% ,平均密度 $19.3 \text{ 处}/103 \text{ km}^2$ 。其中,中型以上(含中型)重力侵蚀点 179处,占全流域的 20.62% 。全区年均重力侵蚀物质总量达 $5\ 038.54 \times 10^4 \text{ t}$,占全流域的 18.79% ;其中土壤侵蚀量 $1\ 400.63 \times 10^4 \text{ t}$,占全流域的 16.02% 。在总重力侵蚀点中,滑坡(崩塌)侵蚀点有 668处,占 67.27% ;泥石流侵蚀点有 325处,占 32.73% 。在年均重力侵蚀物质总量中,滑坡(崩塌)侵蚀物质总量 $4\ 092.30 \times 10^4 \text{ t}$,占 81.22% ;泥石流侵蚀物质总量 $946.24 \times 10^4 \text{ t}$,占 18.78% 。其中,土壤侵蚀量的构成为:滑坡(崩塌) $738.25 \times 10^4 \text{ t}$,占 52.71% ;泥石流 $662.38 \times 10^4 \text{ t}$,占 47.29% 。全区单位土地面积重力侵蚀物质质量,即重力侵蚀模数为 $977.6 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,其中土壤侵蚀量 $271.8 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,虽小于全流域平均值,却为中游区的 2倍以上,在 3大区中居第二位。

中游区:包括大理州祥云县、楚雄州(双柏县除外)、昆明市(除宜良县、石林县以及东川区、禄劝县和寻甸县外)、曲靖市的沾益县和马龙县,共计 19个县(市、区)(若加昆明市五华和盘龙 2个城区,则为 21个县、市、区),土地总面积 $3\ 913\ 312.2 \text{ hm}^2$ (含 2个城区),占全流域土地总面积的 29.04% 。本区滑坡(崩塌)、泥石流等重力侵蚀相对较轻,区内有一定规模的重力侵蚀点 503处,占全流域的 15.01% ,平均密度 $12.9 \text{ 处}/10^3 \text{ km}^2$ 。其中,中型以上(含中型,下同)重力侵蚀点 84处,占全流域的 9.68% 。全区年均重力侵蚀物质总量为 $1\ 605.02 \times 10^4 \text{ t}$,占全流域的 5.99% ;其中土壤侵蚀量 $530.94 \times 10^4 \text{ t}$,占全流域的 6.07% 。在总重力侵蚀点中,滑坡(崩塌)侵蚀点有 341处,占 67.79% ;泥石流侵蚀点有 162处,占 32.21% 。在年均重力侵蚀物质总量中,滑坡(崩塌)侵蚀物质总量为 $1\ 186.48 \times 10^4 \text{ t}$,占 73.92% ;泥石流侵蚀物质总量 $418.54 \times 10^4 \text{ t}$,占 26.08% 。其中,土壤侵蚀量的构成为:滑坡(崩塌) $237.95 \times 10^4 \text{ t}$,占 44.82% ;泥石流 $292.99 \times 10^4 \text{ t}$,占 55.18% 。全区土地面积重力侵蚀物质质量(即重力侵蚀模数) $410.1 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,其中土壤侵蚀量 $135.7 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,约为全流域平均值的 $1/5$,居 3大区之末位。

下游区:包括昭通地区、昆明市东川区、禄劝县和寻甸县,曲靖市的会泽县和宣威市,共计 16个县(市、区),土地总面积 $4\ 406\ 650.5 \text{ hm}^2$,占全流域土地总面积的 32.71% 。本区因山高坡陡,雨季降雨集中且雨强大,岩性软弱破碎、断裂发达等自然因素以及人们长期开荒毁林毁草、陡坡垦殖、顺坡种植、乱开滥挖等共同作用和影响,滑坡(崩塌)、泥石流等重力侵蚀非常严重,区内有一定规模的重力侵蚀点达 1 854处,占全流域的 55.35% ,平均密度达 $42.1 \text{ 处}/10^3 \text{ km}^2$ 。其中,中型以上重力侵蚀点 605处,占全流域的 69.70% 。全区年均重力侵蚀物质总量 $20\ 164.52 \times 10^4 \text{ t}$,占全流域的 75.22% ;其中土壤侵蚀量 $6\ 810.68 \times 10^4 \text{ t}$,占全流域的 77.91% 。在总重力侵蚀点中,滑坡(崩塌)侵蚀点有 1 232处,占 66.45% ;泥石流侵蚀点有 622处,占 33.55% 。在年均重力侵蚀物质总量中,滑坡(崩塌)侵蚀物质总量为 $14\ 635.12 \times 10^4 \text{ t}$,占 72.58% ;泥石流侵蚀物质总量为 $5\ 529.40 \times 10^4 \text{ t}$,占 27.42% 。其中,土壤侵蚀量的构成为:滑坡(崩塌) $2\ 940.10 \times 10^4 \text{ t}$,占 43.17% ;泥石流 $3\ 870.58 \times 10^4 \text{ t}$,占 56.83% 。全区单位土地面积重力侵蚀物质质量(即重力侵蚀模数)达 $4\ 575.9 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,约为全流域平均值的 2.3倍;其中土壤侵蚀量为 $1\ 545.5 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,约为全流域平均值的 2.4倍,居 3大区之首位。

可见,该流域重力侵蚀以下游区最为严重,中游区相对较轻;上游区重力侵蚀严重程度虽不及下游区,但重力侵蚀点数目较多、侵蚀模数较大,危害也较严重。

(下转第 35 页)

多达 $14.78 \times 10^9 \text{ m}^3$ 的泥沙^[3], 相当于宜昌 40 年的来沙量, 通过淤积圩垸来减轻下游河道淤积是可以实现的。

如前所述, 长江中游水沙灾害是长江流域生态环境和人类自身破坏的结果, 其结果对国民经济建设造成了巨大的破坏, 治理长江洪水灾害已经成为该地区社会稳定和经济可持续性发展的关键。长江中游水沙灾害的治理必须依赖于整个流域环境的改善和水沙规律认识水平的提高。长江中游水沙灾害的缓解和根治必须从减轻泥沙灾害方面入手, 采取长江上游水土保持、中游地区泥沙淤积部位调整、分蓄洪工程、退田还湖、建坝蓄洪蓄沙、气象水文预报和堤防建设等远近相结合的策略, 以全流域利益为最大利益, 最终使长江洪水得到根治。

5 结 论

(1) 在环境问题中, 第一位的问题是水土流失, 它是影响基本生态过程的重大问题。长江地区的水土流失除了与流域自然地理因素有关外, 本质上与人类的各种掠夺性经营活动密切相关。

(2) 长江上游自然生态环境破坏是造成目前长江流域水土流失和水沙灾害的根本原因; 反过来, 水土流失和水沙灾害又会造成新的自然生态环境的破坏, 形成恶性循环。研究和治理水沙灾害已成为生态环境保护中的重要课题。

(3) 要从根本上解决长江流域的水沙灾害, 应该加强自然生态保护, 并积极进行全流域的综合治理。水土保持是有效解决和减少上游来沙的问题的根本途径, 但非一日之功。在短期内泥沙淤积无法避免的情况下, 关键是在长江上游干支流修建拦河坝及水库等工程措施, 以达到短期减沙的目的, 同时在中下游处理好长江上游每年 $1.8 \times 10^8 \text{ t}$ 来沙的淤积部位问题。

参考文献:

- [1] 李吉顺, 王昂生. 1998 年长江流域洪涝灾害分析 [J]. 气候与环境研究, 1998(4): 391-397.
- [2] 程海云, 葛守西, 闵要武. 人类活动对长江洪水影响初析 [J]. 人民长江, 1999(2): 38-40.
- [3] 陈世俭, 吴显欣. 长江流域中游地区的治水策略与可持续发展 [J]. 自然灾害学报, 1999, 8(3): 7-12.
- [4] 方子云, 邹家祥. 长江地区环境对策与可持续发展 [M]. 武汉: 武汉出版社, 1999.
- [5] 刘毅, 张平. 长江上游流域地表侵蚀与河流泥沙输移 [J]. 长江科学院院报, 1995, 12(1): 40-44.
- [6] 李长安, 殷鸿福, 陈德兴, 王波. 长江中游的防洪问题和对策—1998 年长江特大洪灾的启示 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1999, 24(7): 229-334.
- [7] 李义天, 李荣, 邓金运. 长江中游水沙灾害形成机理研究 [J]. 自然灾害学报, 2000, 9(3): 98-105.
- [8] 李义天, 倪晋仁. 泥沙输移对长江中游洪水位抬升的影响 [J]. 应用基础与工程学报, 1998, 6(3).
- [9] Schumm S A. The fluvial system [M]. New York: John Wiley, 1977. 338.
- [10] 陈雪英, 毛振培. 长江流域重大自然灾害及防治对策 [M]. 武汉: 湖北人民出版社, 1999.

(上接第 8 页)

参考文献:

- [1] 杨子生. 论水土流失与土壤侵蚀及其有关概念的界定 [J]. 山地学报, 2001, 19(5): 436-445.
- [2] 云南省地质矿产局. 云南省地质灾害调查及对策研究 [A]. 见: 云南省灾害防御协会. 云南省四十年主要灾害调查 (1950-1990) [C]. 昆明: 云南科技出版社, 1999. 1-24.
- [3] 云南省计委国土整治农业区划办公室, 中国科学院成都山地灾害与环境研究所. 云南滑坡泥石流灾害防治 (1988-1999) [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000. 1-19, 118-135.
- [4] 云南减灾年鉴编委会. 云南减灾年鉴 (1991-1995) [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1997. 139-150.
- [5] 云南减灾年鉴编委会. 云南减灾年鉴 (1996-1997) [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1999. 117-120, 242-337.
- [6] 云南减灾年鉴编委会. 云南减灾年鉴 (1998-1999) [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000. 123-128, 267-367.
- [7] 杨子生. 云南金沙江流域水土流失特征分析 [J]. 山地学报, 2002, 20(增刊).