

# 长江三峡花岗岩出露区不同林地的 土壤保持作用研究

张洪江 解明曙 王玉杰

(北京林业大学 北京 100083)

**摘 要** 研究了长江三峡花岗岩出露区林地土壤流失特性,结果表明由鳞片状面蚀导致的土壤流失量分布与月降雨量的分布趋势基本一致,二者呈现出较为明显的线性相关关系,植被盖度 $\geq 0.70$ 的林地土壤流失多集中发生在6~9月份,土壤流失量在 $500\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以下,盖度 $< 0.7$ 的林地土壤流失年内分布时间多在3~10月份,土壤流失量为 $500\sim 6\,000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

**关键词** 长江三峡 林地 土壤流失

## Function of Soil Conservation on Different Forest Lands in Granite Region of the Three—gorge of the Yangtze River

Zhang Hongjiang Xie Mingshu Wang Yujie

(Beijing Forestry University Beijing 100083)

**Abstract** The property of soil loss on forest land and the time distribution in granite region of the Three—gorge of the Yangtze River were studied. The result shows that the general trend of monthly distribution of soil loss caused by the sheet erosion is in keeping with the monthly rainfall, and both of them appear obviously relationship of liner. The amount of soil loss on forest land with above 0.70 of plant coverage is less than  $500\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , which mainly occurs from June to September. The amount of soil loss on the forest land with less that 0.70 of plant coverage is  $500\sim 6\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , which mainly occurs from March to October.

**Key words** the three—gorge of the Yangtze River forest land soil loss

森林植被破坏,可导致生态环境恶化和水土流失等一系列山地灾害发生,长江三峡地区,举世闻名的三峡大坝建成后,以库周分水岭为界,库区面积将达 $5.42\text{万 km}^2$ ,这一区域山地面积达74%,水土流失严重。对三峡地区占有面积的花岗岩坡面林地土壤流失规律进行研究,对于采取相应对策进行防治、保障库区经济稳步发展、减少因土壤流失带来的泥沙灾害、保障三峡特大型水库和葛洲坝水利枢纽效益永续发挥具有重要意义。

## 1 研究地点选择及其自然条件

研究地点选择在宜昌县境内的下岸溪小流域,它位于葛洲坝和三峡大坝两大水利枢纽之间,长江左岸(北侧)、直接流入长江的一级支流,其自然条件、土地利用现状和土壤流失状况在三峡花岗岩出露区具有一定代表性。

### 1.1 影响水土流失自然条件

研究流域总面积 7.983 2km<sup>2</sup>,属亚热带季风气候,平均气温 17.4℃,多年平均雨量 1 150.0 mm,地势由东北向西南倾斜,最高海拔 950m,最低 40m。除占面积比重很小的下游沟底较平坦外,其余均为坡面,地面坡度多在 20°以上。流域内花岗岩出露占总面积的 95%以上,另有少量石灰岩,其地带性土壤应为黄壤及黄棕壤,下岸溪小流域分布的多为花岗岩风化而成的黄壤,流域下游沟底有极少量水稻土,除开垦的坡耕地外,多为天然次生中幼龄针阔混交林或针叶纯林林地,主要树种有马尾松(*Pinus massoniana* Lamb)、麻栎(*Quercus acutissima* Carr)和杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook)等,另外还有部分灌草坡面,灌木种有化香(*Platycarya strobilacea* Sieb. et zucc)、马桑(*Coriariasinica*)、映山红(*Rhododendron simsii* Planch.)、白茅(*Imperata cyindricavar. major*)和鹅耳枥(*Carpinus turczaninowii* Hance)等。

### 1.2 水土流失现状

据实地调查研究流域水土流失形式主要以砂砾化面蚀和鳞片状面蚀为主,另分布有少量小规模沟蚀和重力侵蚀,水土流失总面积 557.4hm<sup>2</sup>,占面积的 69.82%,其中鳞片状面蚀面积为 369.15hm<sup>2</sup>,占研究流域总面积的 46.24%。

## 2 研究方法及内容

### 2.1 土壤流失监测区设置

鳞片状面蚀主要是指在有植物生长的地表(包括林地、灌木地和草地),由于樵采或放牧等活动的干扰,导致植物生长不好或分布不均,遇暴雨时所发生的一种面蚀形式。

研究流域内鳞片状面蚀面积较大,在不同地貌部位多种地形条件均有发生。根据坡面林业用地情况和地形条件,采用 Moldenhauer W. C. 研究土壤流失使用的土壤流失监测区形式<sup>[1]</sup>,设置了土壤流失监测区 26 个(即 13 对,每对两两相邻,自然条件基本相同,目的是减少人为操作误差并提高土壤流失监测可信度),用以观测天然降雨条件下土壤流失量。

26 个土壤流失监测区中,其中 22 个为林地,4 个为灌草地,22 个林地监测区中,均为马尾松与麻栎的混交林,混交比约为 1:1,实地调查林地枯落物厚度在 1.0~2.5cm 之间。为探讨地表枯落物土壤保持作用,其中还有一个是去掉地表枯落物的土壤流失监测区,4 个灌草地测区的植物种类主要为化香、芭茅、五倍子和映山红等,各监测区地面条件见表 1。

### 2.2 监测方法

因监测区数量较多,基本包括了研究流域林业用地坡面状况。在天然降雨中,不是每场降雨都能使所有监测区产生土壤流失,降雨后只要有一个或一个以上监测区产生土壤流失,就将流失的土沙从集土袋内分别收集于室内烘干称重,因每种地表状况监测区都有一个与之相同的重复,每次称量流失的土壤时,取这一对监测区土壤流失量的平均值作为一次降雨该种地表状况的土壤流失量值。

表1 土壤流失监测区基本情况

区号	土地利用现状	土层厚度(cm)	坡向(°)	坡度(°)	坡位	林分密度(株/hm <sup>2</sup> )	盖度	树高(m)	胸径(cm)	枯落物量(g/m <sup>2</sup> )
1	松栎混交林	16	N	6	中下	2500	0.90	4.00	4.8	160
2	松栎混交林	16	N	12	中下	1000	0.60	3.93	4.6	144
3	松栎混交林	16	SE30	12	中	2500	0.80	4.00	4.8	158
4	松栎混交林	16	SE30	20	中	1000	0.45	3.93	4.6	131
5	松栎混交林	16	SE85	22	下	1000	0.60	3.93	4.6	130
6	松栎混交林	16	SE85	23	下	2000	0.80	3.93	4.6	153
7	松栎混交林	16	SW30	31	中下	800	0.30	3.50	4.1	117
8	松栎混交林	16	SW30	31	中下	1000	0.60	3.93	4.6	138
9	松栎混交林	16	SW15	33	中下	1200	0.70	3.93	4.6	149
10	松栎混交林	16	SW15	33	中下	1200	0.70	3.93	4.6	0
11	松栎混交林	16	SW15	33	中下	2300	0.90	4.10	4.9	155
24	灌草地	14	SW60	25	中上	—	0.70	—	—	85
25	灌草地	14	SW52	30	中上	—	0.70	—	—	80

注:表中林地的盖度为林灌的总盖度,灌草地的盖度为灌草的总盖度。

### 3 土壤流失监测结果及分析

#### 3.1 土壤流失监测结果

在进行坡面天然降雨土壤流失监测的两年时间内,1993年监测到天然降雨102场,降雨总量1125.2mm;1994年监测到天然降雨95场,降雨总量890.8mm。

各监测区在相同降雨条件下,产生土壤流失次数和土壤流失量均不相同,是由于降雨强度、降雨量、地面植物种类及覆盖状况(包括植物盖度、地表死活地被物的有无和其数量等)和地面坡度等因素影响所致。

#### 3.2 土壤流失月分布特性

通过不同地面条件月土壤流失量与月降雨量相关关系散点图分析,二者呈现出较为明显的线性相关关系,根据月降雨量及不同地表条件的月土壤流失量进行回归分析,得到月土壤流失量与月降雨量相关关系方程,如1号松栎混交林小区,林木盖度为0.90、地表枯落物量为160g/m<sup>2</sup>时,其月土壤流失量与月降雨量相关关系方程为:

$$E = -4.7498 + 0.1143H \quad (R = 0.7714) \quad (1)$$

式中: $E$ ——月土壤流失量(t/km<sup>2</sup>); $H$ ——月降雨量(mm)。

令式(1)右侧为0解之,并令此时 $H$ 的解为 $H_1$ ,则有:

$$0 = -4.7498 + 0.1143H_1 \\ H_1 = 41.6 \quad (2)$$

式(2)的解 $H_1$ ,即为在1号测区地表条件下,月土壤流失的起始降雨量,也就是说在当地月降雨量小于这一数值时,该测区不可能产生土壤流失。

用同样方法对另12对两两监测区地表条件月土壤流失量资料和月降雨量进行回归分析,得到各研究地表条件下二者相关关系方程和月土壤流失起始雨量 $H_1$ ,如表2所示。

3.2.1 林地土壤流失月分布 由表2中月土壤流失起始降雨量 $H_1$ 值可看出,同是松栎混交林地,由于林木盖度、地表枯落物量和地面坡度不同,在相同月降雨量条件下,不仅其各自的土壤流失量不一样,而且其月土壤流失起始降雨量 $H_1$ 也各不相同。

在1号测区条件下,因为林木盖度高达0.90,且在所研究的地表条件中,其地面坡度最低

(仅为 $6^\circ$ ),而其枯落物量达 $160\text{g}/\text{m}^2$ ,其年土壤流失量在1993年和1994年分别为 $61.4\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $55.6\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值为 $41.6\text{mm}$ 。

表2 研究地区月土壤流失量与月降雨量相关关系

地表条件(测区号)	相关关系方程	回归系数 $R$	$H_i$ (mm)
1	$E = -4.7498 + 0.1143H$	0.7714	41.6
2	$E = -14.8524 + 0.4687H$	0.9233	31.7
3	$E = -6.9713 + 0.2208H$	0.8881	31.6
4	$E = -22.3784 + 0.8437H$	0.9492	26.5
5	$E = -17.5535 + 0.6706H$	0.9371	26.2
6	$E = -8.2469 + 0.2463H$	0.9245	33.5
7	$E = -47.5439 + 2.8076H$	0.9681	16.9
8	$E = -20.2986 + 0.9186H$	0.9624	22.1
9	$E = -12.6971 + 0.4573H$	0.9235	27.8
10	$E = -19.8612 + 0.9084H$	0.9552	21.9
11	$E = -4.3496 + 0.1125H$	0.8265	38.7
24	$E = -28.2101 + 1.3073H$	0.9489	21.6
25	$E = -50.1677 + 2.8485H$	0.9670	17.6

7号测区条件为地面坡度上升到 $31^\circ$ ,而林木盖度和地表枯落物量则分别下降到0.30和 $117\text{g}/\text{m}^2$ ,其年土壤流失量在1993年和1994年分别为 $2520.3\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $2015.3\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值则降为 $16.9\text{mm}$ 。

在9号和10号测区,地面坡度和林木盖度均为 $33^\circ$ 和0.70,所不同的只是9号测区地表枯落物量为 $149\text{g}/\text{m}^2$ ,10号测区地表枯落物量为 $0\text{g}/\text{m}^2$ ,有枯落物的9号测区地表条件时,1993年和1994年土壤流失量分别为 $338.9\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $270.9\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,其月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值为 $27.8\text{mm}$ ,而无地表枯落物的10号测区土壤流失量在1993年和1994年分别上升到 $763.0\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $597.0\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,其月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值则下降到 $21.9\text{mm}$ ,二者的年土壤流失量平均值相差 $375.1\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值相差 $5.9\text{mm}$ 。

由以上分析可见较高林木盖度和保存较多地表枯落物林地,具有良好的保持水土作用<sup>[2]</sup>。

3.2.2 裸地土壤流失月分布 由表3月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值可看出在灌草地上,灌草种类和其盖度相同,均为0.70,仅由于地面坡度不同,在相同月降雨量条件下,其各自的月土壤流失量均不一样,而且其月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值也不相同。

在25号测区条件下,地面坡度为 $25^\circ$ ,其年土壤流失量在1993年和1994年分别为 $1033.4\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $932.8\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值为 $21.6\text{mm}$ 。

在26号测区地表条件时,由于地面坡度上升到 $30^\circ$ ,其年土壤流失量在1993年和1994年分别为 $2443.5\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $2015.6\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值则降低为 $17.6\text{mm}$ 。

同是灌草地地表条件,由于25号和26号测区地面坡度相差 $5^\circ$ ,二者的年土壤流失量平均值相差 $1246.40\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,月土壤流失起始降雨量 $H_i$ 值相差 $4.0\text{mm}$ 。

### 3.3 坡面林业用地土壤流失量年内分布

研究结果表明,长江三峡花岗岩出露区坡面林业用地土壤流失的时间分布规律,基本上与降雨量的分布特点相一致<sup>[3]</sup>,两年间的坡面土壤流失监测资料都显示出坡面土壤流失量随降雨量的变化而变化,年内月降雨量超过全年降雨量10%的月份主要是5~9月份,坡面林业用地土壤流失量也主要集中在这一时段,不同林地条件坡面土壤流失年内分布特征如下:

(1)总盖度 $\geq 0.70$ 且地表有枯落物的林地、坡面坡度 $\leq 12^\circ$ 且盖度 $\geq 0.70$ 的灌草地,年内土壤流失的分布时间多在6~9月份。以上地表的土壤流失量均在水电部长江流域规划办公室规划设计处颁发的《关于长江流域水土保持若干技术标准》(以下简称“标准”)中规定的轻度(侵蚀量 $500\sim 2\,500\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ )以下,其地表土壤流失量 $\leq 500\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

(2)盖度 $< 0.70$ 的林地、坡面坡度 $> 12^\circ$ 、盖度 $\geq 0.70$ 的灌草地年内土壤流失时间持续较长,基本上从3~10月份都有发生,但离该时段中心点越远,土壤流失量越小。这部分地表土壤流失量在 $500\sim 2\,500\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 之间,按“标准”规定属轻度侵蚀。

#### 4 不同坡面林业用地土壤流失量分布

根据在研究流域进行的土地资源调查和坡面土壤流失监测成果,流域内 $601.08\text{hm}^2$ 林业用地中,放牧和砍柴樵采等活动较严重地段,林内几乎没有枯落物存在,这部分面积约占林地总面积的30%,剩下约70%的保存有较完好枯落物层,据此计算得到该流域坡面林业用地年土壤流失总量为 $5\,692.65\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,在不同林业用地状况下的土壤流失量分布见表3。

表 3 研究流域坡面林业用地土壤流失量

地面坡度( $^\circ$ )	盖 度	面积( $\text{hm}^2$ )	单位面积流失量 $[\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})]$	土壤流失量( $\text{t}/\text{a}$ )
3~7	0.7~0.8	6.81	0.587	3.997
7~15	0.5~0.69	10.34	3.039	31.423
	0.7~0.9	17.56	1.422	124.970
15~20	0.3~0.49	24.95	5.896	147.105
	0.5~0.69	37.48	4.745	177.843
	0.7~0.9	43.89	1.474	20.474
20~25	$< 0.25$	0.47	33.963	15.963
	0.25~0.3	4.99	22.899	114.266
	0.3~0.49	37.04	22.899	848.179
	0.5~0.69	35.89	4.745	170.298
	0.7~0.9	69.78	1.539	107.391
$> 25$	$< 0.25$	2.52	55.196	130.094
	0.25~0.3	31.74	22.899	726.814
	0.3~0.49	33.97	22.899	777.879
	0.5~0.69	131.43	6.943	912.518
	0.7~0.9	112.16	0.621	69.651
总 计	0.75	601.08	9.47	5692.65

注:各类林地单位面积土壤流失量值均采用相应条件下马尾松纯林林地与松栎混交林地单位面积土壤流失量的平均值。

#### 5 结 论

三峡花岗岩地区坡面林业用地土壤流失月分布与月降雨量呈现较好线性相关关系,尤以林地条件下其相关关系表现的更为紧密。

植物盖度 $\geq 0.70$ 的林地土壤流失多集中发生在6~9月份,年土壤流失总量在 $500\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 以下,其中盖度 $\geq 0.90$ 的林地年土壤流失量 $< 100\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。有研究指出<sup>[4]</sup>,将我国南方非碳酸盐岩地区林地的允许土壤侵蚀量上限定为 $100\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,若依此为据则盖度 $\geq 0.90$ 林地的年土壤流失量在允许范围之内。盖度 $< 0.7$ 的林地土壤流失量在年内的时间分布延续较长,基本上是在3~10月份,但离时间中心点越远的月份,土壤流失量越小,这部分地面依植物盖度高低和地面坡度大小,年土壤流失量多在 $500\sim 6\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 之间。

(下转第 158 页)

流失程度的面积实施监测,又可对土壤流失总量进行监测,因而可对短期内水土流失程度的细微变化实施有效的评估。例如水土流失治理初期,其土壤理化性能及地表物质组成不可能在3~5年出现明显地改变,但土壤流失量的微小变化则是可监测出的。⑤节省大量人力、物力、财力和时间。过去用人工法,整个泉州市需要组织100~150人的普查队,历时一年才能完成外业野外调查,按当时(1984年)的经费支出标准,全市约需50万元。若按现行价计算,则需200万元以上方能完成,而采取本方法,第一次建立空间数据模型及数据库约半年左右时间,经费每公顷平均0.3元左右,可节约经费150万元以上。监测模型建立后,以后每次监测经费每公顷仅需0.15元,人员只需1~2人,时间在一个月之内便可完成全市的监测和预报任务,节约经费180万元以上,可谓费微效宏。⑥实施监测结果不仅可以输出监测编制的成果图和预报图,图件具有直观、一目了然,方便领导决策,而且还可建立随机查询、统计和汇报系统,对于日后水土流失治理规划特别是小流域的综合治理规划中的图件、数据表式资料等的利用十分省时、快速、方便。⑦该方法由于初步主要以GIS技术为支撑,主要工作在内业计算机平台完成。因此,在某些方面也有不足之处,如在沟蚀、风蚀、崩岗区,土壤出露程度、造成危害等方面需要进一步应用全球定位系统(GPS)技术、数据库系统(DBS)、专家系统(ES)技术、航测技术等结合加以解决。

**作者简介** 陈永宝,高级工程师,现任南安市科学协会副主席,南安市水土保持试验站站长。

(上接第103页)

#### 参考文献

- 1 Moldenhaur, W. C., Procedure for studying soil characteristics using disturbed samples and simulated rainfall, Transaction, American Society of Agricultural Engineers. 1965, 8(1): 74~75
- 2 张洪江,解明曙等. 长江三峡地区花岗岩地区坡面糙率系数研究. 水土保持学报, 1994, 8(1): 33~38
- 3 曾秋云. 溱水流域的降水产沙特性及森林滞沙作用. 中国水土保持, 1994, 9: 26~35
- 4 陈廉杰. 森林土壤允许流失量的研究. 水土保持学报, 1993, (1): 19~22

**作者简介** 张洪江,男,1955年1月生于河北省易县,1975年毕业于北京林学院(现北京林业大学)水土保持专业,1989年获农学硕士学位。1996年获农学博士学位。现为北京林业大学水土保持学院副教授,水土保持原理教研室主任,硕士研究生导师。已在国内外科技刊物发表论文和译文50余篇。