

# 中国西南边疆山区耕地水土流失研究 ——以云南省为例<sup>\*</sup>

杨子生<sup>1</sup>, 贺一梅<sup>2</sup>

(1. 云南财经大学 国土资源与持续发展研究所, 昆明 650221; 2. 云南财经大学 高等职业技术学院, 昆明 650101)

**摘 要:**水土流失是山区省份耕地(尤其是坡耕地)可持续利用的最主要障碍和影响因素。以已有的坡耕地水土流失试验观测和分析结果以及 1996 - 2006 年土地详查及变更调查耕地分类面积和各类耕地坡度分级面积为依据, 结合水利部《土壤侵蚀分类分级标准》等相关规程和规定, 综合测算了云南省 1996 - 2006 年全省不同坡度耕地和耕作方式的土壤流失量以及县域耕地土壤流失总量和土壤侵蚀模数(其中 1996 年和 2006 年为分县测算), 分析了耕地水土流失的基本特点以及耕地水土流失造成的危害, 提出了云南省耕地水土流失治理的对策措施, 为制定省域水土保持规划、耕地保护规划及有关政策的科学决策提供基础依据。

**关键词:**山区; 水土流失; 土壤侵蚀模数; 坡耕地; 云南省

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2009)01-0001-07

## Soil Erosion of Cultivated Land in Mountainous Areas at China's Southwest Border —A Case Study in Yunnan Province

YANG Zi-sheng<sup>1</sup>, HE Yi-mei<sup>2</sup>

(1. Institute of Land & Resources and Sustainable Development, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China; 2. College of Higher Vocational Technology, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650101, China)

**Abstract:** Soil erosion has been a main obstacle and influencing factor of sustainable use of farmland (especially slope cultivated land) in mountainous province. In the paper, the amount of soil loss under different slopes and cultivation methods in the whole province in 1996 - 2006 and the total amount of soil loss and soil erosion modulus of cultivated land at county level in Yunnan Province in 1996 and 2006 had been synthetically measured and calculated based on experiments of soil erosion in the past and the detailed investigation of land use and its change survey in 1996 - 2006 in Yunnan Province, combining Standards for Classification and Gradation of Soil Erosion formulated by the Ministry of Water Recourses of PRC in 1997. In addition, the authors had approached the basic characteristics of soil erosion on cultivated land, analyzed its harms to the sustainability of cultivated land use, and put forward the countermeasures of controlling soil erosion on cultivated land in Yunnan Province. This study has provided a basis for working out the future soil and water conservation planning and farmland protection planning as well as making rational policies of sustainable use for cultivated land in this province.

**Key words:** mountainous areas; soil erosion; soil erosion modulus; sloping cultivated land; Yunnan Province

水土流失是山区生态环境退化的主体表现,也是山区贫困化的根源<sup>[1]</sup>。我国是世界上水土流失最严重的国家之一,水土流失已被权威部门和专家们公认为我国的头号环境问题<sup>[2-7]</sup>。水土流失与土地

利用是一种因果关系:不合理的土地开发利用活动造成了水土流失的发生,同时,水土流失又严重影响到土地资源的可持续开发利用;水土流失防治必须建立在土地合理利用基础之上,而水土流失区土地

<sup>\*</sup> 收稿日期:2008-02-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40861014);云南省应用基础研究计划资助项目(2007G078M)

作者简介:杨子生(1964-),男,云南大理人,博士后,教授,主要从事土地资源与土地利用、土壤侵蚀与水土保持、国土生态安全与区域可持续发展等领域的研究工作。E-mail: yangzisheng @126.com。

合理利用的主导性措施就是防治水土流失<sup>[1,8]</sup>。

根据云南金沙江流域的研究结果,在各地类的水土流失中,最引人注目的莫过于坡耕地水土流失<sup>[9]</sup>。坡耕地之所以水土流失如此严重,主要是因为在整个作物管理和种植过程(土壤翻耕-整地-播种-松土除草-施肥-收获)中,坡耕地的表土层受到人为的剧烈扰动,极易产生水土流失,尤其在汛期旱作物收获翻耕后,因受频繁大雨、暴雨打击和地表径流冲刷,水土流失量很大,尤其是 15°~45° 的坡耕地水土流失异常强烈,土壤侵蚀使土层日益薄化,肥力下降,单产也低而不稳。

在山区省份,绝大多数耕地均为坡耕地<sup>[10]</sup>,因而水土流失已成为山区省份耕地(尤其是坡耕地)可持续利用最主要的影响因素,需要深入分析省域耕

地水土流失状况,并采取切实、有效的治理措施,以保障耕地资源的可持续利用和粮食安全、经济安全及社会稳定。

1 研究方法

1.1 研究方法

基于云南省内已有的坡耕地水土流失试验观测和分析结果,并根据 1996 - 2006 年土地资源详查及变更调查耕地分类面积和各类耕地坡度分级面积,结合水利部的《土壤侵蚀分类分级标准》等相关规程和规定,综合分析和测算 1996 - 2006 年全省不同耕地坡度和耕作方式的土壤流失量以及县域耕地土壤流失总量和土壤侵蚀模数(其中 1996 年和 2006 年为分县测算)。具体技术路线见图 1。

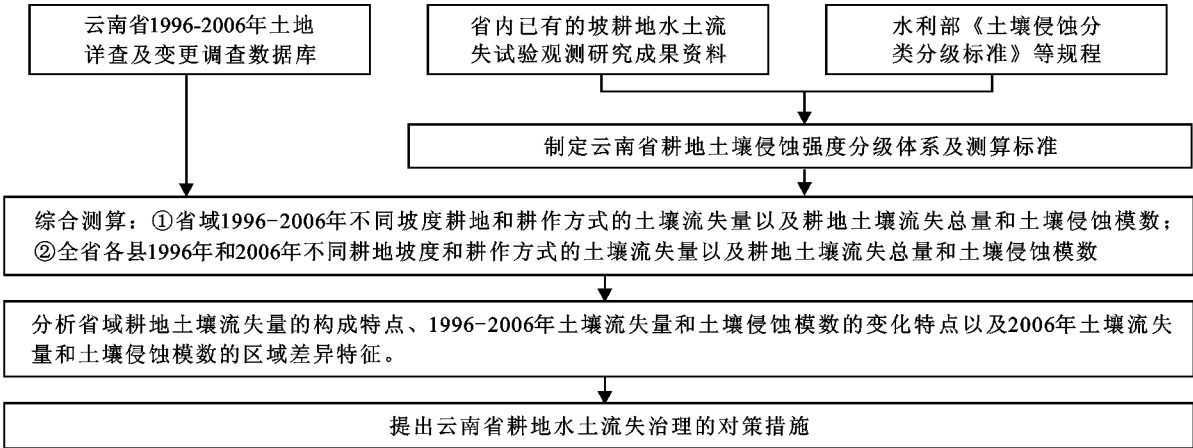


图 1 云南省耕地水土流失研究技术路线示意图

1.2 土壤侵蚀强度分级

根据已有的试验观测结果<sup>[11-14]</sup>(尤其是滇东北山区和金沙江流域建立的土壤流失方程),并参考国家水利部 1997 年制定的《土壤侵蚀分类分级标准》<sup>[15]</sup>,这里综合确定出云南省耕地土壤侵蚀强度分级系统和指标(见表 1)。

表 1 云南省耕地土壤侵蚀强度分级标准表

侵蚀强度级别	平均侵蚀模数/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	平均流失厚度/ (mm·a <sup>-1</sup> )	实际侵蚀模数/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
1 微度侵蚀 (无明显侵蚀)	< 500	< 0.4	200
2 轻度侵蚀	500 ~ 2500	0.4 ~ 2.0	1500
3 中度侵蚀	2500 ~ 5000	2.0 ~ 4.0	3500
4 强度侵蚀	5000 ~ 8000	4.0 ~ 6.4	6500
5 极强度侵蚀	8000 ~ 15000	6.4 ~ 12.0	9500
6 剧烈侵蚀	15000 ~ 22000	12.0 ~ 17.6	18000
7 极剧烈侵蚀	> 22000	> 17.6	24000

注:流失厚度按土壤平均容重 1.25 g/cm<sup>3</sup> 折算。

2 耕地水土流失特点分析

根据云南省内已有的坡耕地水土流失试验观测和分析结果以及 1996 - 2006 年土地详查和变更调查耕地分类面积、各类耕地坡度分级面积,可以综合测算出 1996 - 2006 年全省不同坡度耕地和耕作方式的土壤流失量以及县域耕地土壤流失总量和土壤侵蚀模数,并以此作为分析省域耕地水土流失总体特征和土壤流失量构成特点、1996 - 2006 年耕地土壤流失动态变化特点和耕地土壤流失区域差异特征的基础。

2.1 省域耕地水土流失的总体特征

测算结果表明:云南省 2006 年耕地水土流失(指轻度以上土壤侵蚀)面积达 393.48 万 hm<sup>2</sup>,占总耕地的 64.74%。耕地土壤流失量达 36 252.37 万 t/a,耕地平均土壤侵蚀模数达 5 964.69 t/(km<sup>2</sup>·a)。按表 1 的分级标准,目前全省耕地平均土壤侵蚀强度级别属“强度侵蚀”。

根据典型推算,目前省域耕地土壤流失量约占云南省全部土地年均土壤流失总量的 70 % ~ 75 %。

我们对云南金沙江流域 2000 年各个地类的土壤流失量测算结果<sup>[9]</sup>亦表明,该流域耕地土壤流失量占全部土地侵蚀总量的 62.55 %;耕地平均侵蚀模数达 7 330.0 t/(km<sup>2</sup> · a),是全部土地平均值的 4.1 倍;年均侵蚀深度达 5.9 mm,比全部土地平均侵蚀深度大 311 %。其中,上游的维西县和下游的昭阳区、盐津县、永善县、绥江县、镇雄县、彝良县、威信县、水富县等县(市)耕地年均土壤侵蚀量占全部土地土壤流失总量的比重均在 80 % 以上,其中威信县约达 90 %。

这说明,耕地水土流失极其严重,它是山区省份水土流失的最主要地类。耕地水土流失已成为江河湖库被淤积的主要沙源地,也是各大江河中下游水患的主因。

2.2 省域耕地土壤流失量的构成特点

2.2.1 耕地水土流失主要发生在顺坡耕地上,梯田地水土流失轻微 在 2006 年耕地流失量中,2 ° 以上的顺坡耕地(指缺乏田地埂坎等人工水土保持设施、顺坡种植的耕地,包括云南耕地分类系统中的水浇地、坡地、轮歇地和菜地)年均土壤流失量达 35 616.10 万 t,占总耕地侵蚀量的 98.24 %;而梯田梯地(含平田平地)年均土壤流失量只有 636.26 万 t,占总耕地侵蚀量的 1.76 %。

从侵蚀强度看,顺坡耕地远远大于梯田梯地。全

省顺坡耕地合计平均侵蚀模数达 9 381.8 t/(km<sup>2</sup> · a),年均流失厚度达 7.5 mm/a,远超过全部土地的平均侵蚀模数和流失厚度值;而梯田梯地(含平田平地)合计平均侵蚀模数只有 278.9 t/(km<sup>2</sup> · a),年均流失厚度仅 0.22 mm/a,约为顺坡耕地合计平均值的 1/34。也就是说,平均而言,目前省域顺坡耕地的平均土壤侵蚀强度级别达“极强度侵蚀”,而梯田梯地(含平田平地)的平均土壤侵蚀强度级别仅属“微度侵蚀”。

2.2.2 顺坡耕地土壤侵蚀量以中坡和陡坡耕地为主,微缓坡地侵蚀比重小 在省域目前顺坡耕地(不计梯田梯地)年均土壤侵蚀量(35 616.10 万 t)中,微坡(2 ° ~ 6 °)顺坡耕地年均土壤侵蚀量 1 132.31 万 t,占 3.18 %;缓坡(6 ° ~ 15 °)顺坡耕地年均土壤侵蚀量 7 089.15 万 t,占 19.90 %;中坡(15 ° ~ 25 °)顺坡耕地年均土壤侵蚀量 15 122.90 万 t,占 42.46 %;陡坡(> 25 °)顺坡耕地年均土壤侵蚀量 12 271.74 万 t,占 34.46 %。也就是说,> 15 ° 的中坡和陡坡顺坡耕地年均土壤侵蚀量 27 394.64 万 t,占顺坡地年均土壤侵蚀量的 76.92 %;而 < 15 ° 的微坡和缓坡顺坡耕地年均土壤侵蚀量只有 8 221.46 万 t,占顺坡地年均土壤侵蚀量的 23.08 %。多数市(州)均有类似的特点(见表 2)。

上述耕地水土流失的基本特点系由省域坡耕地比重大、以顺坡耕地为主、坡耕地地形坡度较大的坡耕地特征所致。

表 2 云南省各市(州)2006 年不同坡度和耕作方式的耕地土壤流失量								万 t
市(州)	梯田梯地和平田平地土壤流失量	不同坡度坡耕地						土壤流失量 总计
		合计	2 ° ~ 6 °	6 ° ~ 15 °	15 ° ~ 25 °	25 ° ~ 35 °	> 35 °	
云南省	636.26	35616.11	1132.31	7089.15	15122.90	10770.96	1500.78	36252.37
昆明市	52.62	1618.33	91.22	595.12	537.73	349.25	45.01	1670.95
昭通市	29.61	5491.31	67.79	827.68	2510.36	1875.08	210.40	5520.92
曲靖市	74.45	3375.02	293.27	960.58	1024.14	868.37	228.66	3449.47
楚雄州	47.10	797.50	34.76	238.60	354.18	145.19	24.78	844.60
玉溪市	25.49	969.31	23.42	223.27	421.01	263.19	38.42	994.80
红河州	83.93	2942.80	121.34	824.55	929.92	864.73	202.27	3026.73
文山州	55.32	3770.03	207.56	739.89	1817.14	890.9	114.55	3825.35
普洱市	59.54	6185.70	45.97	650.69	2816.56	2483.55	188.93	6245.24
西双版纳州	18.91	640.90	58.19	209.66	276.71	91.10	5.25	659.81
大理州	35.19	1264.75	31.28	285.87	681.72	238.12	27.76	1299.94
保山市	43.25	1614.94	51.26	339.96	799.15	322.37	102.22	1658.19
德宏州	25.99	617.70	23.63	192.52	247.91	133.23	20.43	643.69
丽江市	16.13	1021.48	48.54	358.09	425.75	161.19	27.91	1037.61
怒江州	3.55	642.29	2.75	62.45	265.64	311.46	0.00	645.84
迪庆州	3.71	484.62	19.07	64.51	146.61	237.76	16.67	488.33
临沧市	61.51	4179.39	12.28	515.73	1868.38	1535.48	247.52	4240.90

2.3 1996 - 2006 年耕地土壤流失的动态变化特点

2.3.1 耕地水土流失面积比例的变化 近 10 a (1996 - 2006 年)来,由于退耕还林等诸多因素的作用,云南省耕地水土流失规模呈现缓慢的减少趋势(见表 3):1996 年全省耕地水土流失面积(指轻度以上土壤侵蚀,下同)为 4 211 859.37 hm<sup>2</sup>,到 2006 年降至 3 934 806.41 hm<sup>2</sup>,10 a 间净减少 277 052.96

hm<sup>2</sup>,年均减少率为 0.66%;耕地水土流失面积比例(即水土流失面积占耕地面积的百分比值)从 1996 年的 65.59%降为 2006 年的 64.74%,10 a 间净降低 0.85%,年均净降低 0.085%。在各级土壤侵蚀强度的变化中,除轻度侵蚀和中度侵蚀面积略有增加之外,强度侵蚀、极强度侵蚀、剧烈侵蚀和极剧烈侵蚀面积均有所减少(表 3)。

表 3 云南省 1996 - 2006 年耕地水土流失面积 hm<sup>2</sup>

年份	耕地面积	耕地水土流失面积		强度侵蚀	极强度侵蚀	剧烈侵蚀	极剧烈侵蚀
		合计	比例/%				
1996	6421575.16	4211859.37	65.59	1250009.95	1707460.39	612904.55	75347.91
2006	6077827.74	3934806.41	64.74	1090638.38	1591884.17	598386.51	62532.69
10 a 增减	- 343747.42	- 277052.96	- 0.85	- 159371.57	- 115576.22	- 14518.04	- 12815.22

2.3.2 耕地土壤流失量的变化 在 1996 - 2006 年的 10 a 间,由于耕地水土流失规模呈现缓慢的减少之势,相应地,省域耕地土壤流失量亦呈微弱的态势(见表 4):1996 年全省耕地土壤流失量为 38 911.69 万 t,到 2006 年减为 36 252.37 万 t,10 a 间净减少 2 659.32 万 t,年均减少率为 0.68%。梯田梯地(含平

田平地)土壤流失量在这 10 a 间净减少 3.93 万 t,年均减少率为 0.06%;坡耕地土壤流失量在上述 10 a 间净减少 2 655.40 万 t,年均减少率为 0.69%。在坡耕地土壤流失量的变化中,除 2°~6° 坡耕地土壤流失量有所增加外,其余坡度级的坡耕地土壤流失量在这 10 a 间均呈净减少态势(表 4)。

表 4 云南省 1996 - 2006 年不同坡度和耕作方式的耕地土壤流失量 万 t

年 份	梯田梯地和平地土壤流失量	不同坡度坡耕地						土壤流失量总计
		合计	2°~6°	6°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°	
1996	640.19	38271.50	1084.93	8125.06	16220.87	11032.28	1808.35	38911.69
2000	631.74	37918.39	1174.72	7736.05	15750.54	10465.22	2791.86	38550.13
2006	636.26	35616.10	1132.31	7089.15	15122.90	10770.96	1500.78	36252.37
10 a 增减	- 3.93	- 2655.40	+ 47.38	- 1035.91	- 1097.97	- 261.32	- 307.57	- 2659.32

注:测算过程中的原单位为 t,这里采用“万 t”后,因“四舍五入”,各项之和与合计数有微小出入,下同。

2.3.3 耕地土壤侵蚀模数和平均侵蚀厚度的变化 近 10 a(1996 - 2006 年)来,由于耕地土壤流失量呈现微弱的减少趋势,使耕地土壤侵蚀模数和平均侵蚀厚度均呈下降态势(见表 5):1996 年全省耕地平均土壤侵蚀模数为 6 059.52 t/(km<sup>2</sup>·a),到 2006

年降为 5 964.69 t/(km<sup>2</sup>·a),10 年间净减少 94.83 t/(km<sup>2</sup>·a),年均减少率为 0.16%。相应地,耕地平均侵蚀厚度从 1996 年的 4.85 mm/a 降至 2006 年的 4.77 mm/a,10 年间净下降 0.08 mm/a,年均下降 0.008 mm/a。

表 5 云南省 1996 - 2006 年耕地平均土壤侵蚀模数及流失厚度

年份	耕地面积/ hm <sup>2</sup>	土壤流失量/ t	土壤平均侵蚀模数/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	平均侵蚀厚度/ (mm·a <sup>-1</sup> )
1996	6421575.16	38911.69	6059.52	4.85
2000	6339677.05	38550.13	6080.77	4.86
2006	6077827.74	36252.37	5964.69	4.77
10 年增减	- 343747.42	- 2659.32	- 94.83	- 0.08

2.4 2006 年耕地土壤流失的区域差异特征

2.4.1 耕地水土流失面积比例的区域差异性 耕地水土流失面积比例的大小取决于耕地资源及其利

用方式,在省内各地差异较大。

按云南省 5 大土地利用区域<sup>[8,10]</sup>来分析,全省耕地水土流失面积比例以滇东北区最大,其 2006 年

耕地水土流失面积比例达 83.93%,比云南省平均值(64.74%)高 19.19 百分点;次为滇西北区,其 2006 年耕地水土流失面积比例达 75.40%,比云南省平均值高 10.66 百分点,在 5 大区中居第二位;滇西南区和滇东南区 2006 年耕地水土流失面积比例分别为 68.57%和 65.65%,略高于全省平均值;滇中区 2006 年耕地水土流失面积比例为 47.53%,比全省平均值低 17.21 百分点。

从 126 个县(市、区)的耕地水土流失面积比例来看,差异非常显著:全省耕地水土流失面积比例以滇东北山区的镇雄、永善、大关、彝良等县以及滇西北高山峡谷区的福贡等县最大,其 2006 年耕地水土流失面积比例均在 90%以上,其中镇雄县达 92.76%,居全省之冠;而以滇中区的昆明市呈贡县最小,其 2006 年耕地水土流失面积比例只有 17.40%。也就是说,耕地水土流失面积比例最小的呈贡县与耕地水土流失面积比例最大的镇雄县相比,相差 5.3 倍。分级统计表明,现有耕地水土流失面积比例 < 30%(级)的有 12 个县,占全省总县数(126 个)的 9.52%;现有耕地水土流失面积比例在 30%~50%(级)的有 29 个县,占全省总县数的 23.02%;现有耕地水土流失面积比例在 50%~70%(级)的有 40 个县,占全省总县数的 31.75%;现有耕地水土流失面积比例在 70%~85%(级)的有 32 个县,占全省总县数的 25.40%;现有耕地水土流失面积比例 85%(级)的有 13 个县,占全省总县数的 10.32%。可见,云南省 2/3 以上的县(市、区)耕地水土流失面积比例均在 50%以上。

**2.4.2 耕地土壤流失量的区域差异性** 耕地土壤流失量的多少取决于耕地水土流失规模及各级土壤侵蚀强度的面积大小。省内耕地土壤流失量的区域差异非常显著。

按云南省 5 大土地利用区域<sup>[8,10]</sup>来分析,由于滇西南区耕地资源最丰富,同时坡耕地(含轮歇地)亦较多,因而全省耕地土壤流失量以滇西南区最多,其 2006 年耕地土壤流失量达 13 447.83 万 t,占云南省耕地土壤流失量的 37.10%;次为滇东北区,该区坡耕地广泛分布,水土流失最为严重,其 2006 年耕地土壤流失量达 7 457.82 万 t,占云南省耕地土壤流失量的 20.57%,在 5 大区中居第二位;滇中区和滇东南区 2006 年耕地土壤流失量分别为 6 738.91 万 t 和 6 533.43 万 t,分别占云南省耕地土壤流失量的 18.59%和 18.02%;滇西北区尽管水土流失强度大,但因总耕地规模小,因而 2006 年耕地土壤流失量只有 2 074.38 万 t,占云南省耕地土壤流失量的 5.72%。

从 126 个县(市、区)的耕地土壤流失量来看,其差异十分悬殊:全省土壤流失量以澜沧、墨江、镇雄等县最大,其 2006 年耕地土壤流失量均在 1 100 万 t 以上,其中澜沧县达 1 677.91 万 t,居全省之冠;而以滇中区的昆明市呈贡县最小,其 2006 年耕地土壤流失量只有 10.15 万 t。也就是说,耕地土壤流失量最小的呈贡县与耕地土壤流失量最大的澜沧县相比,相差 165.3 倍。分级统计结果表明:全省现有耕地土壤流失量 < 50 万 t(级)的有 14 个县,占全省总县数(126 个)的 11.11%;现有耕地土壤流失量在 50~100 万 t(级)的有 24 个县,占全省总县数的 19.05%;现有耕地土壤流失量在 100~300 万 t(级)的有 44 个县,占全省总县数的 34.92%;现有耕地土壤流失量在 300~500 万 t(级)的有 18 个县,占全省总县数的 14.29%;现有耕地土壤流失量 500 万 t(级)的有 26 个县,占全省总县数的 20.63%。可见,云南省接近 2/3 的县(市、区)耕地土壤流失量均在 100 万 t 以上,其中 1/5 以上的县(市、区)耕地土壤流失量均在 500 万 t 以上。

**2.4.3 耕地土壤侵蚀强度的区域差异性** 土壤侵蚀强度一般主要用土壤侵蚀模数来表示。此外,还有与侵蚀模数相对应的土壤侵蚀深度(或土壤流失厚度)指标。由于省内各地耕地面积及其土壤流失量差异较大,相应地,耕地土壤侵蚀强度(侵蚀模数和侵蚀深度)亦悬殊很大。

按云南省 5 大土地利用区域<sup>[8,10]</sup>来分析,全省耕地土壤侵蚀模数以水土流失最为突出的滇东北区为最大,其 2006 年耕地土壤平均侵蚀模数达 7 884.18 t/(km<sup>2</sup>·a),比云南省平均值高 32.18%;次为滇西北区,该区因山高坡陡,耕地水土流失较为严重,其 2006 年耕地土壤平均侵蚀模数达 7 041.43 t/(km<sup>2</sup>·a),比云南省平均值高 18.05%,在 5 大区中居第 2 位;滇西南区 2006 年耕地土壤平均侵蚀模数为 6 894.52 t/(km<sup>2</sup>·a),比云南省平均值高 15.59%,在 5 大区中居第 3 位;滇东南区 2006 年耕地土壤平均侵蚀模数为 5 657.58 t/(km<sup>2</sup>·a),略低于云南省平均值;相对而言,滇中区耕地土壤侵蚀强度较小,其 2006 年耕地土壤平均侵蚀模数为 3 890.85 t/(km<sup>2</sup>·a),比云南省平均值低 34.77%。

从 126 个县(市、区)的耕地土壤侵蚀强度来看,其差异亦非常显著:全省耕地土壤平均侵蚀模数以元江、福贡、威信、维西、墨江、盐津、宁洱、永善等县最大,其 2006 年耕地土壤平均侵蚀模数均在 10 000 t/(km<sup>2</sup>·a)以上,其中元江县和福贡县分别达 14 347.55 t/(km<sup>2</sup>·a)和 14 139.55 t/(km<sup>2</sup>·a),居全

省之冠;而以滇中区的昆明市呈贡县最小,其 2006 年耕地土壤平均侵蚀模数只有  $1\,046.08\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。这意味着耕地土壤平均侵蚀模数最小的呈贡县与耕地土壤平均侵蚀模数最大的元江县相比,相差 13.7 倍。分级统计结果(图 2)表明,全省现有耕地土壤平均侵蚀模数  $<2\,500\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  (I 级)的有 22 个县, 占全省总县数的 17.46%;现有耕地土壤平均侵蚀模数在  $2\,500 \sim 5\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  (II 级)的有 39 个县,占全省总县数的 30.95%;现有耕地土壤平均侵蚀模数在  $5\,000 \sim 8\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  (III 级)的有 38 个县,占全省总县数的 30.16%;现有耕地土壤平均侵蚀模数在  $8\,000 \sim 10\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  (IV 级)的有 19 个县,占全省总县数的 15.08%;现有耕地土壤平均侵蚀模数  $>10\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  (V 级)的有 8 个县,占全省总县数的 6.35%。可见,云南省 1/2 以上的县(市、区)耕地土壤平均侵蚀模数均在  $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  以上。

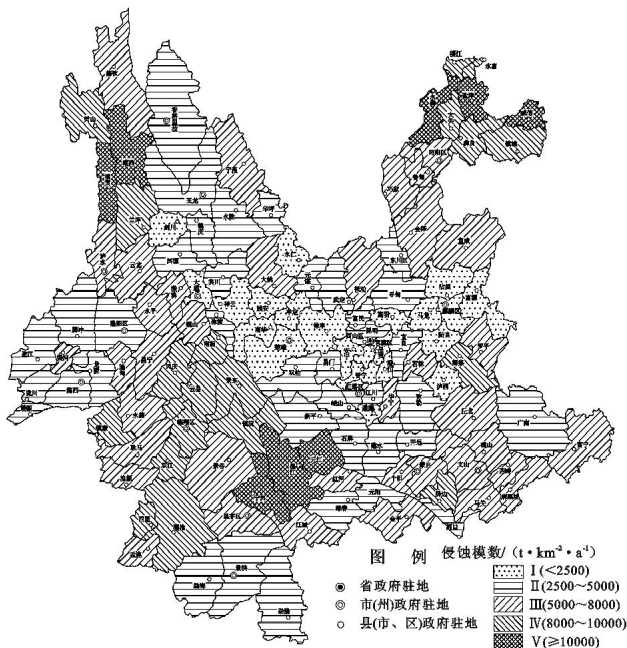


图 2 云南省 2006 年县域耕地土壤侵蚀模数分布图

### 3 坡耕地水土流失的危害

云南省耕地强烈的水土流失已造成了一系列严重后果,其中最直接的恶果是导致耕层越冲越薄,不少地方土层已冲刷殆尽,基岩裸露,演变成砂石地或石质荒坡地,使耕地适宜性受到很大影响和破坏,甚至难以再耕作。

#### 3.1 致使许多坡耕地不再适宜耕作

根据耕地适宜性评价结果<sup>[8]</sup>,在云南省现有耕地总面积  $607.78\text{ 万 hm}^2$  中,因地形坡度过大、水土流失特别强烈、土层(或耕层)越冲越薄以至土壤砂

质化或砂石化、从而不再适宜耕作的坡耕地达  $91.75\text{ 万 hm}^2$  (其中  $>25^\circ$  坡耕地  $66.09\text{ 万 hm}^2$ ,  $<25^\circ$  坡耕地  $25.66\text{ 万 hm}^2$ ), 占现有耕地总面积的 15.10% 和不适宜耕地总面积 ( $97.66\text{ 万 hm}^2$ ) 的 93.95%。滇西北高山峡谷区的福贡等县和滇东北山区的威信等县因水土流失剧烈而不再适宜耕作的坡耕地占现有耕地总面积的 50% 以上,如果这种利用方式未得到根本改变而继续延续下去,那么 100 a 后云南省现有  $15^\circ \sim 25^\circ$  的  $159.19\text{ 万 hm}^2$  坡耕地(占总耕地的 26.19%) 将演变成为不能再耕作的石质荒坡地,现有  $>25^\circ$  的  $66.09\text{ 万 hm}^2$  陡坡耕地(占总耕地的 10.87%) 在 30 a 后将演变成石质荒坡地而丧失其耕作利用的功能。

#### 3.2 造成多数宜耕地为低产耕地

云南耕地适宜性评价结果表明:省域现有耕地中的宜耕地面积为  $510.12\text{ 万 hm}^2$ , 占现有总耕地的 83.93%。其中,水土流失轻微、生产条件较好、产量较高的高度适宜耕地(高产田地)只有  $65.45\text{ 万 hm}^2$ , 仅占宜耕地面积的 12.83%;有一定水土流失、产量中等的中度适宜耕地(中产田地)为  $117.21\text{ 万 hm}^2$ , 占宜耕地面积的 22.98%;而水土流失严重、产量较低的低度适宜耕地(低产田地)达  $327.46\text{ 万 hm}^2$ , 占宜耕地面积的 64.19%。

据典型调查测算,仅云南金沙江流域下游的滇东北山区因水土流失每年造成粮食减产量达  $20 \sim 36\text{ 万 t}$ , 约相当于该区域近几年平均粮食总产量的 10% ~ 20%。

#### 3.3 导致全省平均每年有 $0.49\text{ 万 hm}^2$ 的耕地被冲毁而丧失耕作功能

严重的水土流失使云南省每年都有一定数量的耕地被冲毁,且大多恢复难度大,有的甚至已永远丧失其耕作功能而成为石滩地。据调查统计,云南省 1997 - 2006 年的 10 a 间因水土流失(含洪水、滑坡、泥石流等)共计冲毁农田  $4.88\text{ 万 hm}^2$ , 平均每年冲毁农田  $0.49\text{ 万 hm}^2$ , 年均冲毁农田占耕地减少总数(包括建设占用、生态退耕、灾毁和农业结构调整等减少耕地面积)的比例达 10% 以上。可见,云南省水土流失灾害对耕地破坏之严重。

### 4 坡耕地水土流失治理的对策探析

根据以上实际观测研究资料和分析,在云南耕地水土流失治理问题上,可以得出以下基本结论和建议:

4.1 坡度较大的耕地应逐步实施退耕还林(草)工程  
顺坡耕地(没有人工修建的田坎、地埂等水土保

持设施、顺坡面种植的坡耕地)水土流失较为严重,其年均土壤流失量很大,尤其是 25°以上的顺坡耕地水土流失特别强烈,土壤抗蚀年限大多不足 30 a,可持续利用程度极低。因此,对坡度较大、水土流失严重的顺坡耕地(尤其是 25°以上的顺坡耕地)实施退耕还林还草工程已成为控制山区水土流失、改善生态环境、保障坡耕地资源可持续利用和实现经济社会可持续发展的基本对策与措施。

#### 4.2 <25°顺坡耕地应积极实施“坡改梯”工程,建设山区基本农田

人工修建有田坎、地埂等水土保持设施的梯田梯地水土流失轻微,其年均土壤流失量远远小于顺坡耕地,即便是 25°以上的梯田梯地,其土壤侵蚀强度仅属轻度侵蚀。因此,对 <25°的顺坡耕地积极实施“坡改梯”工程是控制坡耕地水土流失、合理开发利用坡耕地资源的基本途径。应当积极推进以“坡改梯”为主体的坡耕地综合整治,加大改土培肥和“五小”水利工程的投入力度,逐步将 <25°的顺坡耕地建设为山区基本农田。同时,科学地借鉴哈尼梯田农业模式,因地制宜地积极发展梯田梯地农业,努力提高山区耕地单产水平和总体产出率。

#### 4.3 陡坡耕地退耕还林还草工程必须重视提高地面植被覆盖率

经济林地以及地面覆盖度较低的林地和草地的水土流失仍较为严重,其年均土壤流失量远远大于具有多层配置、地面覆盖率高的茂密原始林(如热带雨林等)。因此,在实施陡坡耕地退耕还林(还草)工程中,必须要特别重视提高地面植被覆盖率,因地制宜地做到以草先行、乔灌木多层配置或经济林复层栽培,这样才能有效控制山区水土流失,实现生态与经济的“双赢”目标。

致谢:在研究工作中,云南财经大学国土资源与持续发展研究所陶文星、许婧婧、李智国等同志协助进行基础数据处理、图件绘制等,特此表示感谢!

#### 参考文献:

- [1] 杨子生,刘彦随,卢艳霞.山区水土流失防治与土地资源持续利用关系探讨[J].资源科学,2005,27(6):146-150.
- [2] 朱登铨.让母亲河焕发青春[N].人民日报,2000-01-20(12).
- [3] 郑琳.水土保持追不上水土流失[N].中国青年报,2000-04-27.
- [4] 王海洲.水土流失已成为我国头号环境问题[N].中国青年报,2001-01-10.
- [5] 高立洪.水土流失是中国头号环境问题[N].中国水利报,2001-07-17.
- [6] 焦居仁.全国水土流失遥感成果与水保生态建设发展战略[J].中国水利,2002(3):11-13.
- [7] 罗晖.水土流失仍是头号环境问题[N].科技日报,2004-11-15.
- [8] 杨子生,李云辉,邹忠,等.中国西部大开发云南省土地资源开发利用规划研究[M].昆明:云南科技出版社,2003.
- [9] 杨子生,梁洛辉,王云鹏.云南金沙江流域水土流失基本特征分析[J].山地学报,2002,20(增刊):10-17.
- [10] 云南省土地管理局,云南省土地利用现状调查领导小组办公室.云南土地资源[M].昆明:云南科技出版社,2000.
- [11] 汪汇海,马渭俊,邓纯章,等.滇南热带雨林的开发利用与水土保持的相互关系[J].林业科学,1982,18(3):245-257.
- [12] 杨俊.山区水土流失产生、发展与控制[C]//中国科学技术协会首届青年学术年会云南卫星会议论文集.昆明:云南科技出版社,1992:247-253.
- [13] 杨子生.滇东北山区坡耕地土壤流失方程研究[J].水土保持通报,1999,19(1):1-9.
- [14] 杨子生.云南金沙江流域土壤流失方程研究[J].山地学报,2002,20(增刊):1-9.
- [15] 水利部.中华人民共和国行业标准 SL190-96:土壤侵蚀分类分级标准[S].北京:中国水利水电出版社,1997:2-26.