

# 四川省小流域水土保持措施与土壤侵蚀耦合关系研究<sup>\*</sup>

高艳鹏<sup>1,2</sup>, 谭雪红<sup>1,3</sup>, 张岩<sup>1</sup>, 尹忠东<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 山东省兖州市林业局, 山东 兖州 272100; 3. 徐州工程学院, 江苏 徐州 221008)

**摘 要:** 为深入评价小流域综合治理和水土保持措施对土壤侵蚀的影响, 制定下一步规划方案提供参考资料。利用聚类分析、相关分析等方法对四川省“长治”五期工程涉及的 212 个小流域水土保持措施和土壤侵蚀状况进行分类并分析其耦合关系, 结果表明: 水土保持措施聚为 4 类, 以封禁治理、保土耕作措施为主的 3 类地区有 146 个小流域, 占总量的 68.9%。土壤侵蚀聚为 4 类, 以无明显侵蚀、轻度侵蚀为主的 4 类、一类地区共有 158 个小流域, 占总面积的 74.6%。水土保持措施与土壤侵蚀之间的关系为: 以封禁治理和保土耕作措施为主的地区无明显流失面积较大, 这两种措施防治水土流失效果明显。

**关键词:** 四川省; 水土保持措施; 土壤侵蚀

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0006-04

## Study on Relationship of Soil and Water Conservation Measures and Soil Erosion of Sub-watersheds in Sichuan Province

GAO Yanpeng<sup>1,2</sup>, TAN Xuehong<sup>1,3</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>, YIN Zhongdong<sup>1</sup>

(1. School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Yanzhou Forestry Bureau of Shandong, Yanzhou, Shandong 272100, China; 3. Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

**Abstract:** Using methods of cluster analysis, correlation analysis, relationship and classification of soil and water conservation measures and soil erosion of sub-watersheds involved by ‘Changzhi five phase project’ was studied in Sichuan Province. The objective of this research is to provide primal data for assessment of small watershed comprehensive management and effect of water and soil conservation measures on soil erosion. Region plan is to be worked out. The results showed that soil and water conservation measures could be divided into four categories, the area of the third types dominated by Grazing Ban and cultivation by conserving soil had 146 sub-watersheds and accounted for 68.9 percent of the total area. Soil erosion could also be divided into four categories, the area of the first and the fourth types dominated by insignificant erosion, slight erosion had 158 sub-watersheds and accounted for 74.6 percent of the total area. Relationship between soil and water conservation measures and soil erosion was that the area that dominated by Grazing Ban and cultivation by conserving soil were eroded insignificantly or slightly, Grazing Ban and cultivation by conserving soil had obvious effect on preventing soil erosion.

**Key words:** Sichuan province; soil and water conservation measures; soil erosion

土壤侵蚀是多因素综合作用的结果, 其中影响最大的是地表植被覆盖情况。Wischmeier 等根据美国径流小区资料建立的通用水土流失方程 (USLE) 充分考虑了不同土地利用方式对土壤侵蚀的影响<sup>[1]</sup>。此后, 各国学者对不同水土保持措施的

减蚀效应进行了深入研究, 并取得了一些科研成果<sup>[2-4]</sup>。近年来我国学者也做了大量的研究, 江忠善、林素兰和田静毅等分别对黄土丘陵区、辽宁低山丘陵区 and 河北秦皇岛沿海丘陵区土壤侵蚀和土地利用耦合关系进行了深入研究<sup>[5-7]</sup>; 阮伏水利用福建安

\* 收稿日期: 2009-09-17

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 973 项目(2007CB407207-1)

作者简介: 高艳鹏(1973-), 男, 山东兖州人, 工程师, 博士研究生, 研究方向: 工程绿化。E-mail: gaoyanpeng88@163.com

通信作者: 尹忠东(1969-), 男, 湖南安平人, 讲师, 博士, 主要从事水土流失与荒漠化防治方向的研究。E-mail: yaayp@sina.com

溪水土保持实验站的实测资料对花岗岩区不同土地利用类型的水土流失特征进行了研究<sup>[8]</sup>; 侯喜禄、申震洲等对不同植被类型小区的径流泥沙观测结果进行了分析<sup>[9-10]</sup>。但对水土保持措施与土壤侵蚀之间的耦合关系研究还未见有报导。

四川省是长江上游流域的主体, 又是农业大省。新中国成立初期, 全省水土流失面积仅占幅员面积的 16.68%。20 世纪 60 年代以后, 由于人类活动的加剧, 到 1988 年全省水土流失面积占幅员面积的比例达 41.2%<sup>[11-12]</sup>。日趋严重的水土流失不仅使本区土地资源减少, 土壤肥力降低, 旱洪灾害加剧, 水利工程淤积, 农业生产降低, 也加重了长江中下游的洪涝灾害<sup>[13]</sup>。因此, 水土流失治理已成为当前四川省生态环境建设的重要内容和紧迫任务。1989 年以来, “长治”、“天保”、“退耕还林”等生态环境建设工程的实施, 使水土流失面积逐年减少。从 1999 年开始, 四川省开始实施“长治”工程第五期小流域综合治理, 到 2004 年为止, 共治理水土流失面积 3 097

km<sup>2</sup>, 流域内水土资源得到合理开发利用, 水土流失得到有效控制。

本文选取的研究区域为“长治”五期工程涉及的 37 个县(市、区), 共 212 个小流域, 通过其土壤侵蚀、水土保持措施的相关数据, 对 212 个小流域进行分类并研究它们之间的关系, 为深入评价小流域综合治理和水土保持措施对土壤侵蚀的影响, 制定下一步规划方案提供参考资料。

1 研究区概况

研究区域位于金沙江中下游和嘉陵江下游地区, 总土地面积 6 971.55 km<sup>2</sup>, 其中包括广元、绵阳、南充、达州、广安、巴中、凉山、宜宾、遂宁等 9 市(州)所辖的会理、会东、宁南、金阳、雷波、昭觉、宜宾、屏山、翠屏区、顺庆区、高坪区、嘉陵区、南充、南部、仪陇、阆中、蓬安、广安区、岳池、武胜、平昌、通江、渠县、开江、达县、宣汉等 37 个县(市、区), 共 212 条小流域。

表 1 各流域水保措施聚类分析

项 目		一类地区(1)	二类地区(2)	三类地区(3)	四类地区(4)	加权平均
平均	坡改梯/hm <sup>2</sup>	25.247	12.593	8.945	8.171	9.724
	水保林/hm <sup>2</sup>	23.052	31.905	24.736	26.953	25.699
	经果林/hm <sup>2</sup>	19.289	31.676	18.79	18.385	19.827
	种草/hm <sup>2</sup>	5.728	0.000	0.833	8.168	2.331
	封禁治理/hm <sup>2</sup>	22.643	20.919	28.840	26.267	27.448
	保土耕作/hm <sup>2</sup>	14.543	2.887	15.556	10.351	13.460
	塘堰数量	2.758	0.596	0.418	0.126	0.467
	蓄水池数量	9.810	4.756	5.208	10.526	6.347
	灌排水渠/km	6.570	1.108	1.082	0.481	1.178
	水平沟/km	1.559	477.263	0.296	0.230	40.829
	沉沙凼个数	82.550	215.590	57.649	22.042	65.281
标准差	坡改梯/km <sup>2</sup>	28.398	8.636	3.078	3.085	7.194
	水保林/km <sup>2</sup>	3.177	17.908	9.526	10.048	10.568
	经果林/km <sup>2</sup>	8.169	16.470	7.886	8.616	9.677
	种草/km <sup>2</sup>	5.849	0.000	1.443	4.288	3.857
	封禁治理/km <sup>2</sup>	10.835	16.816	13.028	6.118	12.504
	保土耕作/km <sup>2</sup>	12.223	4.291	12.087	7.191	11.439
	塘堰数量	5.146	0.454	0.590	0.286	1.172
	蓄水池数量	11.564	1.838	4.103	14.799	7.851
	灌排水渠/km	5.175	0.356	0.772	0.473	1.597
	水平沟/km	2.058	719.738	0.558	0.479	243.913
	沉沙凼个数	102.948	290.997	47.251	30.663	105.903

研究区分布在嘉陵江中下游和金沙江下游地区, 地表呈紫红色, 土壤松散, 大都是砂、页、泥岩风化形成的幼年土, 土壤结构差, 有机质含量低, 易被水分解溶蚀, 土壤抗蚀性差。地势东北高, 西南低, 海拔 274 ~ 600 m, 地貌以中、低丘为主。该区域属于亚热带湿润季风气候, 气候温和, 冬无严寒, 夏无酷暑, 雨量充沛, 四季分明, 光热资源适宜, 无霜期长, 年平均气温

17.7℃, 利于农作物生长和植被繁衍。境内的河流众多, 绝大多数河流属长江水系。地带性植被以常绿阔叶林为主, 但由于人为耕作历史悠久, 原生植被破坏严重, 森林覆盖率低, 仅为 2.2%。主要种植作物为水稻、小麦、玉米、油菜、蔬菜等。

四川省水土流失面积和土壤侵蚀量均占整个长江上游总量的 70% 以上, 研究区又是该省水土流失

最严重的地区,其流失面积占长江上游的 21.19%,土壤侵蚀量占 24%,遥感普查公布的侵蚀强度多在中度以上,侵蚀模数> 3 000t/(km<sup>2</sup>·a)。

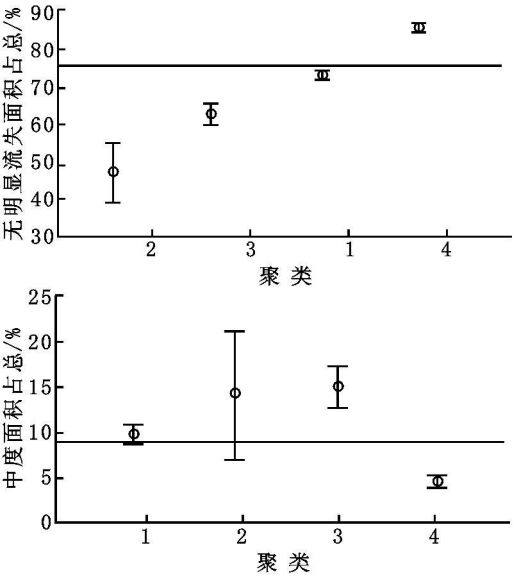
2 研究方法

2.1 数据来源

以“长治”工程第五期小流域综合治理竣工验收表为基本数据源,从中选取水土保持措施、土壤侵蚀两部分数据作为分析依据。水土保持措施主要包括坡改梯田、水土保持林、经果林、种草、封禁治理、保土耕作、塘堰、蓄水池、蓄排水渠、水平沟、尘沙凼;由于各流域的极强度侵蚀面积和剧烈侵蚀面积都很小,所以将水土流失面积分为:无明显流失面积、轻度侵蚀面积、中度侵蚀面积、强度及以上侵蚀面积。

2.2 数据处理方法

运用 SPSS 软件对水土保持措施、土壤侵蚀进行聚类分析,选取坡改梯田、水土保持林、经果林、种草、封禁治理、保土耕作、塘堰、蓄水池、蓄排水渠、水平沟、尘沙凼等具体措施治理的指标作为水土保持措施的聚类指标;选取无明显流失、轻度流失、中度流失、强度及其以上流失面积占总面积的百分比作为土壤侵蚀的聚类指标。根据聚类分析结果,利用 Excel 软件进行水土保持措施与土壤侵蚀之间的关系分析。



1 一类地区; 2 二类地区; 3 三类地区; 4 四类地区; 图中直线为平均值, 均值的置信区间为 95%

图 1 土壤侵蚀聚类分析图

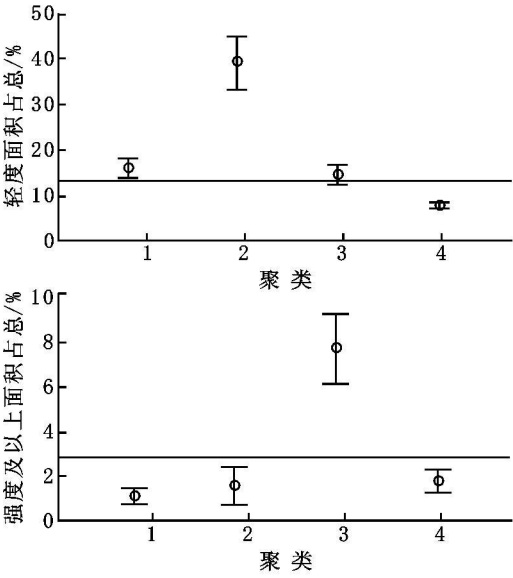
3 结果分析

3.1 对各小流域的水保措施进行聚类分析

分析结果显示,对 212 个小流域进行聚类分析,共将小流域分成 4 类,一类地区共 8 个小流域,占总量的 3.8%,以坡改梯措施为主。二类地区共 18 个小流域,占总量的 8.5%,以水土保持林、经果林、水平沟措施为主。三类地区 146 个小流域,占总量的 68.9%,以封禁治理、保土耕作措施为主。四类地区共 40 个小流域,占总量的 18.9%,以植草措施为主。具体特点见表 1。可见在四川小流域治理中,主要是以封禁治理和保土耕作为主,其次是植草措施。

3.2 对各小流域土壤侵蚀进行聚类分析

对 212 个小流域的土壤侵蚀程度进行聚类(两步聚类),得到的谱系图为图 1(共 4 个小图)。分析结果显示:共将小流域分成 4 类:一类地区以无明显侵蚀和轻度侵蚀为主,共 65 个小流域,占总量的 30.7%;二类地区以轻度侵蚀为主,共 9 个小流域,占总量的 4.2%;三类地区以强度及其以上侵蚀为主,共 45 个小流域,占总量的 21.2%;四类地区以无明显侵蚀为主,共 93 个小流域,占总量的 43.9%。总体来说流域以四类地区 and 一类地区为主,两者之和占总流域的 74.6%,四类地区 and 一类地区的主要特点是无明显流失面积大;其次是三类地区,二类地区所占面积最少。



3.3 水土保持措施与土壤侵蚀的关系分析

根据聚类分析结果,用 Excel 中的数据透视表工具可以整理出水保措施与土壤侵蚀的关系如图 2。从中可以看出,在水保措施为三类时,侵蚀程度为四类

的小流域共 54 个,侵蚀程度为一类的小流域共 50 个,一类和四类的总和占到了总量的 71.2%。水土保持措施第三类的主要特点是封禁治理面积和保土耕作面积大。土壤侵蚀分类中一类和四类的特点是无明显

流失面积大,也就是说在封禁治理和保土耕作的条件下,无明显流失面积大,防治水土流失效果好。

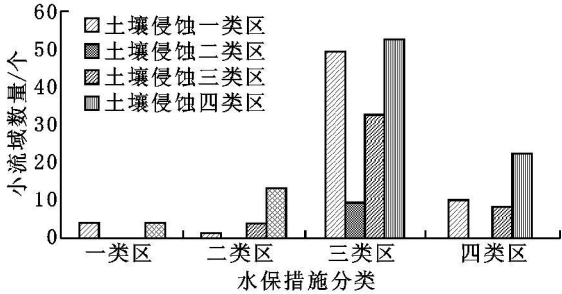


图 2 水保措施与侵蚀之间关系

4 结 论

(1) 通过聚类分析对四川省 212 个小流域的水土保持措施及土壤侵蚀状况进行分类,水土保持措施分为四类:一类地区以坡改梯措施为主,二类地区以水保林、经果林、水平沟措施为主,三类地区以封禁治理、保土耕作措施为主,四类地区以植草措施为主。其中三类地区共 146 个小流域,占总量的 68.9%,这说明该研究区的主要水土保持措施是封禁治理、保土耕作。

(2) 土壤侵蚀状况分为四类地区:一类地区以无明显侵蚀和轻度侵蚀为主;二类地区以轻度侵蚀为主;三类地区以强度及其以上侵蚀为主;四类地区以无明显侵蚀为主。总体来说流域以四类地区 and 一类地区为主,两者之和占总流域的 74.6%,四类地区 and 一类地区的主要特点是无明显流失面积大;其次是三类地区,二类地区所占面积最少。从图 1 中可以看出无明显流失面积为四类地区>一类地区>三类地区>二类地区,也可以从侧面反映出“长治”工程治理的效果很好。三类地区的侵蚀主要以强度及其以上侵蚀为主,强度及其以上侵蚀的治理难度相对较大,这也应该是下次治理的重点区域。

(3) 通过土地利用类型和土壤流失类型之间的耦合关系可以看出水保措施三类地区集中了土壤侵蚀一类地区和四类地区的小流域共 104 个,封禁治理、保土耕作措施对防治水土流失效果明显。但在实际工作中,也要参考当地的自然条件,如果对水土流失严重,自身条件很差的地区采用这种方法也有可能造成更加严重的流失。应该宜封则封,宜治则治,封治结合,有的地区应该以人工治理为主,有的地区以自然修复为主。人工治理离不开自然的作用,自然修复也离不开人工辅助作用。在依靠大自然力量恢复良好生态环境的同时,还要注意在封禁

区采取人工育林育草、飞播等措施,以尽快恢复植被,改善生态<sup>[14+16]</sup>。

参考文献:

[1] WISCHMEIER W H, SMITH D D. Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains Agricultural Research Service, United States Department of Agricultural, Purdue Agricultural Experiment Station [S]. Agricultural Handbook, 1965.

[2] Martinez Casanovas. Impact assessment of changes in land use/ conservation practices on soil erosion in the Penedes Anoia vineyard region ( NE Spain) [J]. Soil and Tillage Research, 2000, 57( 1): 101- 122.

[3] Kosmas C. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions[J]. Catena, 1997, 29( 1): 45- 53.

[4] Boubakari M. Contour grass strips for soil erosion control on steep lands: A laboratory evaluation [J]. Soil use and Management, 1999, 15( 1): 21- 29.

[5] 江忠善. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2( 1): 1- 9.

[6] 林素兰, 孙景华. 辽北低山丘陵区坡耕地土壤流失方程的建立[J]. 土壤通报, 1997, 28( 6): 251- 253.

[7] 田静毅, 李月芬, 王立新, 等. 基于 RS 和 GIS 的土壤侵蚀量预测应用研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29( 1): 78- 82.

[8] 阮伏水. 花岗岩不同土地利用类型坡地水土流失特征[J]. 地理研究, 1995, 14( 2): 64- 72.

[9] 侯喜禄. 不同植被类型小区的径流泥沙观测分析[J]. 水土保持通报, 1985, 35( 6): 11- 15.

[10] 申震洲, 刘普灵, 谢永生, 等. 不同下垫面径流小区土壤水蚀特征试验研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26( 3): 6- 9.

[11] 刘世全, 李廷轩, 陈远学, 等. 四川农区水土流失及其治理[J]. 四川农业大学学报, 1999, 17( 4): 432- 438.

[12] 段巧甫. 从四川盆中水土保持看我国紫色土水土流失的综合治理[J]. 中国水土保持, 1989(1): 7- 10.

[13] 柳长顺, 齐实, 史明昌. 土地利用变化与土壤侵蚀关系的研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15( 5): 10- 17.

[14] 韩建刚, 李占斌. 紫色土小流域土壤流失对不同土地利用类型的响应[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3( 4): 37- 41.

[15] 蒋光毅, 史东梅, 卢喜平, 等. 紫色土坡地不同种植模式下径流及养分流失研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18( 5): 54- 58.

[16] 蔡强国, 吴淑安. 紫色土陡坡地不同土地利用对水土流失过程的影响[J]. 水土保持通报, 1998, 18( 2): 1- 8.