

贵州省地面组成物质对地表侵蚀形态的影响^{*}

高华端¹, 刘应明²

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 贵州省水土保持科技示范园管理处, 贵阳 550002)

摘要:流域地貌的水道结构是地表侵蚀地形的主要表现形式, 是区域土壤侵蚀研究中的重要因子之一。利用野外实测与地形图量测相结合的方法, 通过对贵州省不同空间尺度下的水道发育参数统计分析, 研究表明贵州省地面组成物质对地表侵蚀形态的影响极为显著, 不同类型地面组成物质发育的水道在水道频度与水道密度方面均表现出差异。同时, 碳酸盐岩组所占的面积比例对地表水道发育有明显的影响并存在一定相关性。结论对该类地区区域土壤侵蚀的研究具有重要意义。

关键词:地面组成物质; 地表侵蚀形态; 贵州省

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)05-0172-04

Impact of Ground Substance on Eroded Landform in Guizhou Province

GAO Hua-duan¹, LIU Ying-ming²

(1. Forestry College of Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Management Office of Guizhou Science and Technology Demonstration Garden for Soil & Water Conservation, Guiyang 550002, China)

Abstract: The water-way's structure of watershed landform is a kind of expression for eroded landform, which is an important factor for regional soil erosion study. By using the method of combining fields investigation and map measurement, the paper has analyzed the water-way's parameters under different spatial dimensions. The results show that the ground substances have significant impact on eroded landform and water-way's frequency and density are different under different ground substances. Meanwhile, the area ratio of carbonatite group has obviously impact on water-way's development and has a certain relationship. The results have important significance for regional soil erosion study under the same kind of area.

Key words: ground substance; eroded landform; Guizhou Province

地形地貌的形成与发展严格受内、外力地质作用的控制, 受地貌循环过程的控制。山区流域地貌都要经历地表微弱起伏、相对高差小的幼年期, 地表切割大、以下蚀为主的壮年期和以侧蚀作用与沉积作用为主的老年期^[1-3]。土壤侵蚀过程既体现为外力地质作用过程中物质循环的一个短暂阶段(特别是人类活动的影响), 同时又贯穿整个地质循环。因而宏观的地貌现象在一定程度上与土壤侵蚀密切相关。侵蚀地貌的发育过程实质上是水道系统的发育过程, 在不考虑地面组成物质差异的条件下, 水道(water-way)系统的形成主要遵循以重力作用为主的“随机步行”原则^[2], 即流域水道系统的组成结构

在总体格局上受重力作用的“步行”控制, 遵循二又理论, 这方面已有一定的研究^[4]。

然而, 在地面组成物质复杂的地区, 重力随机步行的“普适”规律受到影响, 地质条件、成土母质等的差异因素均左右着水道系统的形成。目前, 这方面研究少有报道。

水道发育程度是流域地貌水道系结构的一种反映, 同时也是常态土壤侵蚀现状的指标^[5-6], 具体用水道频度和水道密度来表示。有模拟研究表明, 水系河道数目随物质变细而增多, 河道随物质变细拉长^[7]。

在地质条件单一的地区, 基于GIS技术的区域土壤侵蚀评价过程中, 水道结构作为一个重要指标,

^{*} 收稿日期: 2009-03-31

基金项目: 贵州省科学技术基金项目(黔科合J字[2007]2153号); 贵州大学人才引进项目“贵州省喀斯特地区岩性空间分异对土壤侵蚀的影响”

作者简介: 高华端(1965-), 男, 贵州省织金县人, 教授, 博士, 硕士研究生导师, 主要研究方向: 区域水土保持与环境。E-mail: gdghd110@163.com

已有较成熟的研究。然而, 在贵州省及其类似地质条件复杂区域, 对地面组成物质与地表侵蚀形态的关系研究鲜有报道, 特别对喀斯特地区的水道结构及其与土壤侵蚀的关系少有人涉足。因此, 揭示该类地区地表侵蚀形态的空间分异规律, 对于区域土壤侵蚀研究具有重要意义。

1 研究方法

(1) 在分析贵州省区域自然地理特征的基础上, 选定乌江全流域(贵州部分)、下游德江县、中游贵阳市、上游的织金县以及黔东南地区的雷山县作为调查区域, 通过部分野外实地调查、量测, 结合室内不同比例尺沟系图编制, 统计相关水道参数。

(2) 对水道进行定级, 不具分枝能力的最低级水道定为一级水道, 两条一级水道汇合形成二级水道, 两条二级水道汇合形成三级水道, 以此类推。

(3) 在乌江流域中游的贵阳市, 结合 1: 1 万地形图, 以小流域为单元, 野外实地调查水道分布状况, 对每条水道定级、测量水道长度、数量等; 编绘乌江全流域(贵州部分) 1: 20 万沟系图, 上游的织金县 1: 5 万沟系图, 下游的德江县 1: 5 万沟系图。同时, 于织金县、德江县和雷山县境内, 选定一定数量的小流域, 编制 1: 1 万沟系图。

(4) 分别对不同尺度的水道进行统计, 求得乌江全流域(贵州部分) 1: 20 万图上 15 211 条、织金县 1: 5 万图上 2 405 条、德江县 1: 5 万图上 12 646 条、织金县黑土乡 1: 1 万图上 5 510 条、织金县 12 小流域(385.75 km²) 1: 1 万图上 2 374 条、德江县 8 个小流域 1: 1 万图上 3 973 条水道的各种参数。

(5) 根据织金县、德江县和雷山县小流域 1: 1 万沟系图与岩组图的叠加, 统计不同地面组成物质区的水道级别、条数、长度、总长及总条数, 计算水道频度与水道密度, 反映地面组成物质对水道发育状况的影响。

2 结果与分析

2.1 地面组成物质与水道数量的关系

以乌江流域下游德江县和上游的织金县对比研究, 在 1: 5 万沟系图基础上, 统计出各级别水道数量对比关系(表 1)。可以明显看出, 在 4 级以下水道, 两县各级别水道条数相差极大。德江县 1 级水道数是织金县的 5 倍多, 2 级水道数是织金县的 6 倍多, 3 级水道数是织金县的近 5 倍。显示出一定规律, 即德江县低级别水道(1, 2, 3 级)的数量几乎都是织金县的 5~ 6 倍。

表 1 在相同尺度下织金县与德江县水道数量对比

水道级别	1	2	3	4	5	6	7
1: 50000(织金县)	1938	356	83	23	4	1	—
1: 50000(德江县)	10046	2123	392	65	6	6	1

通过两县的对比发现, 造成地处下游的德江县相比地处上游的织金县水道发育程度高的主要原因在于: 德江县的地面组成物质主要为寒武系(Є)、奥陶系(O)、志留系(S)、二叠系(P)的地层出露。寒武系地层主要为白云岩与砂页岩的相间互层(如明心寺组、金顶山组、毛田组、清虚洞组、高台组、娄山关群等); 奥陶系的石灰岩与砂页岩集中带状分布(如桐梓组、红花园组石灰岩; 湄潭组砂页岩); 志留系砂页岩成片分布(如韩家店组真厚度可达 800 多米); 二叠系的煤系地层出露为大面积的泥页岩夹煤层。以上地层在褶皱构造中对称重复出现, 致使德江县 4 级以上河谷谷坡多为砂页岩地层分布, 这种集中成片、易于风化、土壤浅薄的砂页岩区造成了低级水道的极度发育, 利于土壤侵蚀的进行。就碳酸盐岩石分布而言, 德江县仅有 60.10% 的面积为碳酸盐岩石出露, 这个比例远低于贵州省其他县市。

织金县的地面组成物质情况则有所不同, 全县碳酸盐岩面积高达 72.77%, 主要出露地层为二叠系的石灰岩、煤系地层、玄武岩, 三叠系的石灰岩、白云岩及少量砂页岩。非可溶性的煤系地层、砂页岩与玄武岩多与可溶性碳酸盐岩镶嵌分布, 碳酸盐岩石成片地大面积出露。由于碳酸盐类岩石属结晶化学岩, 成土速度主要通过化学溶解, 岩石中所含的少量黏土及碎屑沉积成土, 成土速度缓慢, 成土量少, 土层浅薄而零星。同时, 碳酸盐地区岩溶发育, 喀斯特地貌广布, 地下岩溶地形(如地下暗河、溶穴、竖井、落水洞)的影响, 形成了岩溶地区复杂的地表地下水文动态, 减弱了地表径流的侵蚀能量。以上因素都表明, 在岩溶地区地表水道特别是低级水道的发育远不如常态地貌地区。

综上所述, 不同尺度的水系结构, 在形成过程中都有其自身的规律, 有着固定的普适的关系, 多遵循随机步行的二分叉理论。从水系结构本身来看, 地面组成物质对水道关系没有太多影响。然而, 在一定条件下, 特别是在中小尺度, 地面组成物质对水道的某些特征参数起到明显的控制作用, 是区域土壤侵蚀研究不可忽视的因子。

2.2 碳酸盐岩面积比例对水道发育的影响

在德江县 1: 1 万沟系图上选定 8 个小流域, 进行水道发育统计, 并按碳酸盐岩面积百分比排列成表 2。

表 2 德江县小流域水道统计

流域名称	面积/ km ²	水道 量/条	水道频度/ (条·km ⁻²)	水道密度/ (km·km ⁻²)	碳酸盐 岩面积 比例/%
马场溪	19.29	216	11.2	3.79	10.68
秦再顶	15.95	132	8.3	3.78	33.61
甘溪	5.68	50	8.8	3.03	50.53
火石坡	32.22	313	7.7	2.93	52.98
梅子坝	10.23	95	5.3	3.13	56.89
七星场	17.27	81	4.7	2.47	79.39
德江	31.46	204	5.2	2.97	82.99
黄泥坡	4.47	23	5.0	2.89	93.29

通过表 2 和表 3 的统计,可以得出碳酸盐岩面积百分比与水道频度及水道密度之间较好的线性相

关关系,即随着碳酸盐岩面积比例的增加,水道频度与水道密度都呈递减趋势。

碳酸盐岩面积百分比与水道频度相关关系式为:

$$Y = -0.0783X + 11.528 \quad R^2 = 0.8342$$

式中:Y——水道频度(条/km²);X——碳酸盐岩面积比例;R——相关系数。

碳酸盐岩面积百分比与水道密度:

$$Y = -0.0137X + 3.9135 \quad R^2 = 0.6921$$

式中:Y——水道密度(km/km²);X——碳酸盐岩面积比例;R——相关系数。

显然,碳酸盐岩面积百分比对水道发育有着明显的影响。

表 3 贵阳市水道调查结果

图幅名	图幅面积/ km ²	碳酸盐岩 面积比例/%	总条数/ 条	总长度/ km	平均水道频度/ (条·km ⁻²)	平均水道密度/ (km·km ⁻²)
广田	28.36	0	277	39	9.750	1.388
石头田	28.36	0	210	39	7.395	1.387
修文县	28.36	7.793	228	32	8.030	1.112
猫场	28.36	38.364	218	41	7.684	1.434
孟关	28.36	43.688	224	40	7.898	1.426
吴公桥	28.36	62.588	91	34	3.209	1.186
新笋村	28.36	63.470	106	29	3.738	1.018
暗流	28.36	76.128	54	17	1.904	0.586
竹林寨	28.36	78.865	68	13	2.398	0.445
息烽县	28.36	79.760	93	25	3.279	0.897
条子场	28.36	84.450	83	14	2.927	0.511
养龙司	28.36	89.140	111	13	3.901	0.443
斗蓬山	28.36	96.968	99	12	3.501	0.417
新店子	28.36	97.285	63	11	2.221	0.389
花溪机械厂	28.36	99.859	87	20	3.068	0.702
六桶坝	28.36	100.000	90	18	3.173	0.646

同时,在贵阳市,以 1:1 万地形图为基图,以图幅为单元进行野外实地调查,统计水道发育情况(见表 3),可以得出相似的结论,但以多项式拟合效果较好,结果如下:

碳酸盐岩面积百分比与水道频度相关关系:

$$Y = 0.0002X^2 - 0.0848X + 8.9347 \quad R^2 = 0.7946$$

式中:Y——水道频度(条/km²);X——碳酸盐岩面积比例;R——相关系数。

碳酸盐岩面积百分比与水道密度相关关系:

$$Y = -0.0001X^2 + 0.0013X + 1.3526 \quad R^2 = 0.7608$$

式中:Y——水道密度(km/km²);X——碳酸盐岩面积比例;R——相关系数。

由此可知,碳酸盐岩的面积比例一定程度上决定了地面组成物质的总体格局,对地表水道的发育具有重要的影响。

2.3 不同地面组成物质类型的水道频度差异

贵州省各类地面组成物质的空间分布,除了碳酸盐岩组、板岩组以外,都具有相间交替条带状分布的特点。在研究的典型地区中,织金县和贵阳市碳酸盐岩组比较集中,德江县砂页岩组比较集中,雷山县板岩广布。在这些地区,在 1:1 万的水道系统图上,用岩组图与水道系统图叠加,选定地面组成物质较均一的小流域或图幅,统计水道频度,形成如表 4 所示的几个系列。

进行方差分析、成组比较得到表 5、表 6 结果。

由此可见,不同类型地面组成物质所形成的水道频度差异显著,煤系地层、砂页岩组及玄武岩组可以归为一类,其水道频度顺序为(图 1):

(板岩组, 11.88) > (砂页岩组, 8.48; 玄武岩组, 8.00; 煤系地层, 5.98) > (碳酸盐岩组, 3.66)。

表 4 不同地面组成物质发育的水道频度统计表

地面组成物质类型	平均水道频度/(条·km ⁻²)
碳酸盐岩组	(4.7, 5.2, 5.0) 资料源于德江县 1: 10 000 沟系图中碳酸盐岩面积在 80% 以上的小流域; (3.7, 1.9, 2.4, 3.3, 2.9, 3.9, 3.5, 2.2, 3.1, 3.2) 资料源于贵阳市野外实地调查; (4.6, 5.8) 资料源于织金县 1: 10 000 沟系图。
砂页岩组	(11.2, 8.3) 资料源于德江县 1: 10 000 沟系图中砂页岩面积在 65% 以上的小流域; (7.6, 6.8) 源于织金县 1: 10 000 沟系图。
板岩组	(11.5, 12.7, 10.4, 10.9, 13.4, 11.5, 12.3, 11.8, 12.4) 资料源于雷山县 1: 10 000 沟系图。
玄武岩组	(7.5, 8.0, 7.9, 8.6) 资料源于织金县 1: 10 000 沟系图。
煤系地层	(2.5, 6.6, 7.3, 5.8, 7.7) 资料源于贵阳市野外实地调查。

表 5 水道频度统计结果

组 别	样本数	平均数/ (条·km ⁻²)	标准差	标准误
板岩组	9	11.8778	0.9271	0.3090
碳酸盐岩组	15	3.6600	1.1909	0.3075
砂页岩组	4	8.4750	1.9172	0.9586
玄武岩组	4	8.0000	0.4546	0.2273
煤系地层	5	5.9800	2.0753	0.9281

表 6 水道频度差异性检验

组 别	两均数之差	Q 值	P 值
板岩组与碳酸盐岩组	8.2178	20.9094	< 0.01
板岩组与砂页岩组	3.4028	6.0749	< 0.01
板岩组与玄武岩组	3.8778	6.9229	< 0.01
板岩组与煤系地层	5.8978	11.3437	< 0.01
碳酸盐岩组与砂页岩组	4.8150	9.1795	< 0.01
碳酸盐岩组与玄武岩组	4.3400	8.2740	< 0.01
碳酸盐岩组与煤系地层	2.3200	4.8198	< 0.01
砂页岩组与玄武岩组	0.4750	0.7207	> 0.05
砂页岩组与煤系地层	2.4950	3.9902	> 0.05
玄武岩组与煤系地层	2.0200	3.2305	> 0.05

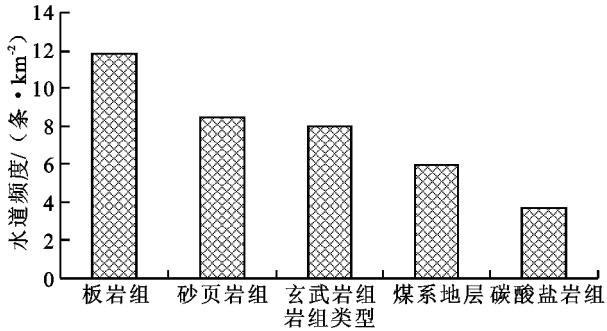


图 1 不同岩组发育的水道频度比较

可以看出, 砂页岩组、玄武岩组及煤系地层上发育的水道频度差异性不显著, 而碳酸盐岩组与其它岩组间、板岩组间与其它岩组间差异明显。

3 结 论

(1) 地面组成物质显著地影响着低级水道的数量、总长及平均长, 影响相应的水道频度及水道密度, 从而造成不同地面组成物质间地表粗糙度的差

异。低级水道(1, 2, 3 级)是影响地表径流分配的重要地形因子, 影响土壤侵蚀过程中产汇流形成, 影响区域土壤侵蚀。在大尺度区域、宏观的土壤侵蚀预测预报中, 如果不考虑地面组成物质分异造成的效应, 将会降低坡面侵蚀资料及小区资料在区域尺度上应用的客观和科学性。

(2) 贵州省常见地面组成物质对水道频度的影响次序为: 板岩组(主要变质岩类型) > (砂页岩组, 玄武岩组, 煤系地层) > 碳酸盐岩组, 砂页岩组、玄武岩组和煤系地层发育的水道频度具有相似性, 这主要是由于它们的风化成土过程有一定相似性。

(3) 由于新构造运动的影响, 褶皱发育, 贵州省及类似地区的地面组成物质多呈条带状相间的分布, 因而可溶性的化学岩碳酸盐组的面积比例影响着水道发育的格局, 具有随碳酸盐岩面积比例增大, 水道发育程度减弱的特点。

区域土壤侵蚀研究离不开大、中、小尺度的结合, 只有同时研究宏观与微观、应用中小尺度的资料、进行对比及尺度转换, 才能科学地揭示区域土壤侵蚀的客观规律。

参考文献:

[1] (英)卡森 M A, 柯克拜 M J. 坡面形态与形成过程 [M]. 窦葆璋, 译. 北京: 科学出版社, 1984.

[2] 承继成, 江美球. 流域地貌数学模型 [M]. 北京: 科学出版社, 1986.

[3] 牛文元. 现代应用地理 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.

[4] 陈彦光, 刘继生. 水系结构的分形和分维: Horton 水系定律的模型重建及其参数分析 [J]. 地球科学进展, 2001, 16(2): 178-183.

[5] 胡良军, 李锐, 杨勤科. 基于 RS 和 GIS 的区域水土流失快速定量评价方法 [J]. 水土保持通报, 2000, 20(6): 42-44.

[6] 马晓微, 杨勤科. 基于 GIS 的中国潜在水土流失评价指标研究 [J]. 水土保持通报, 2001, 21(2): 41-44.

[7] 金得生, 陈浩, 郭庆伍. 流域物质与水系及产沙间非线性实验研究 [J]. 地理学报, 2000, 55(4): 439-448.