

紫色泥页岩的侵蚀产沙特点及影响因素分析

莫 斌, 朱 波, 高美荣, 刘刚才

(中国科学院, 水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘 要: 紫色泥页岩区是长江上游泥沙的一个重要来源。论述了遂宁组紫色土的侵蚀和泥沙形成流失的特点。并分析了解家湾小流域紫色土的侵蚀、泥沙形成输沙以及紫色土可蚀性等的影响因素。研究结果对川中紫色土丘陵区生态环境建设有重要参考意义。

关键词: 紫色泥页岩; 侵蚀产沙特点; 水土流失

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)01-0129-03

Analyzing the Characteristics and Influence Factors of Erosion and Sediment Production of Purple Soil Shale

MO Bin, ZHU Bo, GAO Mei-rong, LIU Gang-cai

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science & Ministry of Water Resource, Chengdu 610041, China)

Abstract: Purple Soil distributed widely in China, especially in upper reaches of the Yangtze River. The problem of severe soil and water loss in the purple soil area is adverse to eco-environment construction and safety in upper reaches of the Yangtze River. Characteristics of erosion and sediment production and loss of purple soil, the influence factors of erosion and erodibility of purple soil as well as sediment production and transport in small watershed of purple hilly area in Xiejiagou were analyzed. The results are of significance to soil and water conservation in purple soil area.

Key words: purple soil shale; characteristics of erosion and sediment production; soil and water loss

长江上游生态环境建设是治理长江流域生态问题的关键,也是西部开发的重中之重。长江上游广泛出露紫色页岩,仅川中紫色土区分布面积达 16 万 km^2 ^[1],该区人口密集,土地垦殖率高,水土流失非常严重。据琼江流域水土流失调查表明,侵蚀模数为 5 645.6 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。研究紫色页岩的侵蚀产沙机理以及其影响因素是长江上游生态环境建设的一个重要基础。

紫色泥页岩是形成四川盆地紫色土的主要母质,各岩层中的泥页岩、侏罗系和第三叠系各岩层最丰富,均在 55% 以上,其中遂宁组中泥页岩的含量高达 90%^[2]。遂宁组在四川盆地的分布面积达 19 408 km^2 ^[2],其所分布的主要地区遂宁的侵蚀模数更是高达 9 044 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ^[1],本文对遂宁组紫色土的侵蚀、泥沙流失特点和影响因素进行分析,对紫色土水土流失的治理提供参考。

1 遂宁组紫色泥页岩坡面侵蚀与泥沙形成特点

1.1 物理风化迅速,母质侵蚀突出

遂宁组泥岩为泥钙质胶结,固结性差,组织松软,抗压强度低(100~200 kg/cm^2)^[2]。矿物组成复杂,膨胀系数差异悬殊,含深色的矿物多,吸热快,冷热干湿膨胀剧烈,近地表层

网状风化裂隙发育,易于崩解剥离,裸露岩面能迅速形成大量的松散碎屑,为母质侵蚀提供大量的物源。坡面侵蚀主要表现形式是面蚀、沟蚀、剥落和泻流侵蚀,而且主要在基岩上进行。来自坡面侵蚀产沙—冲泻质,是河流输沙的主要来源。

1.2 重力侵蚀源于差异风化

破碎风化母质未受降雨作用时,受重力影响其边缘出现崩塌,母质脱离基岩继续在重力作用下发生位移形成母质碎屑,进而受光、热、水、气等因素的作用,逐渐由较大的粗糙碎屑风化成较小的颗粒状碎屑,形成大量的松散碎屑,其抗蚀性弱,极易侵蚀^[2],为水力侵蚀准备物源。

1.3 径流系数高,水力侵蚀为主要侵蚀类型

遂宁组泥岩的孔隙度和吸水率低,其土层大多浅薄,富含母质碎屑,有机质少,结构水稳性弱,易分散悬浮,抗蚀力和抗冲力均弱。其容蓄水量少,且渗透率低,下为透水性差的基岩,故径流系数高。

降雨径流是紫色土侵蚀的主要动力因子,尤以暴雨为甚。从每次降雨径流侵蚀过程看,进行侵蚀的历时很短促,大多数是在 30 min 以内。径流过程与侵蚀过程同步,产流降雨停止,侵蚀过程也很快停止。主要产流和侵蚀时间集中在产流开始后的 15~20 min 内,二者呈正相关^[2]。据遂宁水土保

持试验站 011 母质侵蚀场逐次洪水测验, 其降雨、径流和产沙相互之间存在极显著的相关性(表 1)。

表 1 母质侵蚀场逐次洪水测验降雨、径流和产沙的相关性

	雨量	径流量	输沙模数
雨量/mm	1 000	0 830	0 770
径流量/m ³	0 830	1 000	0 908
输沙模数/(t · km ⁻²)	0 770	0 908	1 000

1.4 风化- 侵蚀交替进行

遂宁组泥岩物理风化快, 风化崩解形成的母质碎屑是径流侵蚀夹带泥沙的来源。雨季初期降雨径流将冬春旱季风化的岩屑冲走, 新风化的岩屑又为下次的降雨径流冲走。如此风化—侵蚀—风化—侵蚀, 循环往复, 交替进行。

1.5 小流域侵蚀产沙特征

遂宁组侵蚀速度快, 其侵蚀模数高达 9 044 t/(km² · a), 其水力侵蚀表现尤其突出。小流域侵蚀产沙受降雨产流影响大, 通过对遂宁市解家湾小流域的输沙量及其降雨、径流量、输沙量等影响因素的多年观测分析(表 2), 降雨、流域侵蚀产沙与径流量之间存在着极显著的相关性。在紫色土丘陵区, 降雨影响着坡面径流的发生, 降雨动能影响坡面产沙^[6]。小流域径流主要是坡面径流的汇集, 小流域河道的泥沙主要也是来自坡面径流的发生而夹带^[5]。

表 2 解家湾小流域的雨量、径流量和输沙量的相关性

	雨量	输沙量	径流量
雨量/mm	1 000	0 726	0 743
输沙量/kg	0 726	1 000	0 731
径流量/m ³	0 743	0 731	1 000

2 侵蚀产沙的主要影响因素

2.1 气候

影响土壤侵蚀的气候因素主要是降雨。降雨径流是川中丘陵紫色土区发生水土流失的主要气候因子。据遂宁水土保持 1985~ 1998 年的多年观测(表 3), 其产流时间主要分布在 3~ 11 月, 其中共发生 37 次 50~ 100 mm 以上的大雨, 其侵蚀量占该时段降雨总侵蚀量的 76.9%。降雨径流侵蚀时间变化与降雨量的变化趋势一致, 集中于汛期 5~ 10 月, 尤其集中于 6~ 9 月发生的几次暴雨过程中。

2.2 地形

地面坡度是决定径流冲刷力的基本因素, 地面坡度愈大, 土壤侵蚀量也愈大。一般认为坡长越长, 径流速度越大, 汇集的流量就愈大, 侵蚀力就愈强^[2], 但因降雨条件不同而异。坡度对侵蚀产沙量影响最大, 不同坡度的径流场, 随着坡度的增加, 侵蚀量以及产沙流失量显著增大。

表 3 遂宁水土保持站产流降雨侵蚀统计

	< 50 mm 产流降雨	> 50 mm 产流降雨
产流降雨次数	218	37
产流降雨总量/mm	4683.4	3275.9
径流总量/m ³	718	1162.38
侵蚀总量/t	14.6	48.79

2.3 植被

植被对水土流失影响大, 其表现在: 拦截雨滴; 调节地面

径流; 改良土壤结构; 减低风速; 控制水土流失等方面, 以减轻水蚀和风蚀的作用^[8,9]。在遂宁地区实地通过对除植被因子外其他条件均相同的四个径流小区进行为期两年的观测, 其坡度为 10°, 坡向为南坡, 坡长(水平)为 20 m, 面积为 100 m², 土壤条件均为红棕紫色土、中壤, 耕作条件也均为横坡等高沟垄, 沟加档, 利用三角堰、量水池测量。植被条件: 1 号小区为大春玉米间甘薯, 小春麦子间胡豆, 2 号小区为大春海椒间甘薯、玉米, 3 号小区大春海椒间甘薯, 小春油菜, 4 号小区大春甘薯间蕃茄玉米, 小春麦子, 通过两年的观测, 其产生的径流量和侵蚀量相差很大(结果见表 4)。1 号小区是高秆作物和匍匐作物间作较合理的模式, 特别是在 5 月下旬小麦收获至 6 月上旬甘薯未栽种期间, 以及 10 月上中旬甘薯收获后小麦生长初期, 土地裸露少, 其植被覆盖率最大, 其所发生的径流量和侵蚀量最小。4 号小区植被覆盖率较高, 其较 1 号小区主要的差异在小春作物小麦生长初期土地裸露大。3 号小区在 5 月上中旬油菜收获至 6 月上旬甘薯未栽种期间, 海椒较玉米的覆盖低, 以及 10 月上中旬甘薯收获后油菜生长初期, 土地裸露大, 其植被覆盖率较差, 其所发生的径流量和侵蚀量较大。2 号小区无小春作物, 全年近半时间土地裸露, 植被覆盖率最低, 其所发生的径流量和侵蚀量最大。试验表明高植被覆盖率可减少水土流失, 合理的植被对防止泥沙流失有积极作用。

表 4 不同植被条件下的水土流失(1989~ 1990)

组别	侵蚀总量/(m ³ · km ⁻²)	径流总量/(m ³ · km ⁻²)
1	1183	6644
2	3655	69624
3	3221	46604
4	1540	20188

2.4 土壤

风化速度是紫色泥页岩侵蚀的内因, 遂宁组 J_{3s} 母岩的快速风化为其侵蚀提供了丰富的物源。中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站进行了紫色母岩露天风化比较试验, 采取半年、一年时分别取样筛分其不同粒径的组分, 以粒径 < 5 mm 的组分为细颗粒, < 2 mm 的组分为成土指标, 计算各自的额分配率, 各组紫色母岩的风化速度顺序是: 遂宁组 J_{3s} > 蓬莱镇组 J_{3p} > 沙溪庙组 J_{2s} > 城墙岩组 K_{1c}。说明在相同的条件下, 岩石的风化速度取决于岩性, 紫色岩的类型是风化的内因。遂宁组 J_{3s} 母岩的侵蚀模数高达 9 044 t/(km² · a)^[1], 远大于其它组。

2.5 人类活动

人类活动加剧了紫色土的水土流失。毁林开荒, 过度垦殖, 工农业交通建设工程, 破坏植被, 坡面和水系等不合理的土地利用, 是造成水土流失的重要因素。随着经济的发展, 西部开发的实施, 工程建设项目日益增多, 工程建设增沙已经日趋突出。自 80 年代以来, 紫色泥页岩区每年因工程建设而造成的裸露岩石面积有 100 km², 到 1999 年, 累计裸露山体岩面积达 4 000 km², 其中得到治理的约占 70%, 目前仍有约 1 200 km² 裸露的紫色岩石或紫色土石方^[7], 由于紫色岩强烈的风化侵蚀, 每年的工程增沙量高达 2 500 万 t^[1]且呈逐年上升趋势。有报道指出工程建设造成的侵蚀模数高达 6 万 t/(km² · a), 城镇建设中的人为弃土的侵蚀量是裸露撂荒地的 10.36~ 12.23 倍。

3 主要的侵蚀产沙机制

3.1 水力侵蚀

降雨径流是紫色土侵蚀的主要动力因子, 尤以暴雨为甚。从每次降雨径流侵蚀过程看, 进行侵蚀的历时很短促, 大多数是在 30 min 以内。径流过程与侵蚀过程同步, 产流降雨停止, 侵蚀过程也很快停止。主要产流和侵蚀时间集中在产流开始后的 15~20 min 内, 二者呈正相关^[2]。

3.2 风化侵蚀

由于其岩性、成土环境特征, 紫色岩石的比重较大, 其中重矿物较多, 化学风化程度低, 而以物理风化为主。紫色页岩为孔隙式钙质胶结, 在冷热变化和干湿交替作用下层面裂隙

相互连接, 形成连续的风化网状裂隙带, 为快速风化创造了条件。光、热、水等因素影响裸露基岩的疏松性、透气性、透水性, 母岩解体为破碎风化母质。

3.3 重力侵蚀

重力侵蚀源于差异风化。破碎风化母质未受降雨作用时, 受重力影响其边缘出现崩塌, 母质脱离基岩继续在重力作用下发生位移形成母质碎屑, 进而受光、热、水、气等因素的作用, 逐渐由较大的粗糙碎屑风化成较小的颗粒状碎屑, 形成大量的松散碎屑, 其抗蚀性弱, 极易侵蚀^[2], 为水力侵蚀准备物源。紫色泥页岩的风化-侵蚀是在不断循环反复, 交替进行。

参考文献:

- [1] 朱波, 高美荣 紫色泥页岩的风化侵蚀与工程建设增沙[J]. 山地学报, 2001, 19(增刊): 50-55
- [2] 中国科学院成都分院土壤研究室 中国紫色土(上)[M]. 北京: 科学出版社, 1991
- [3] 陈渊泽 川中丘陵区遂宁组母质侵蚀与治理技术研究[J]. 中国水土保持, 2001, (6): 37-38
- [4] 陈国阶 长江上游水土流失主要成因与防治对策[J]. 农村生态环境, 2000, 16(3): 5-8
- [5] 黄丽, 张光远, 丁树文, 等 侵蚀紫色土土壤颗粒流失的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(1): 35-39
- [6] 刘刚才, 高美荣, 林三益, 等 紫色土两种耕作制的产流产沙过程与水土流失观测准确性分析[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 108-111
- [7] 张信宝 长江上游河流泥沙近期变化、原因以及减沙对策[J]. 中国水土保持, 1999, (2): 22-25
- [8] 林超文 四川盆地遂宁组(J₃S)母质发育紫色土的平衡施肥与水土保持[J]. 西南农业学报, 2001, 14(2): 26-28
- [9] 孔亚平 坡长对侵蚀产沙过程影响的模拟研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 17-24

(上接第31页)

地面积的 80.53%, 无论在面积和土地格局的控制作用上都占主要地位; 陡坡面积较大, 其中>15°的陡坡和极陡坡地面积占总土地面积 59.05%, 主要分布在阶边线以下和坡脚线以上地带; 平地较少面积仅占总土地面积的 2.80%, 主要分布在川道和沟谷内; 主要处于南部次生林草丘陵地占总土地面积的 16.65%。从种类和数量的对比关系中反映出黄土丘陵区土地类型的独特性, 体现了黄土丘陵区的山体沉陷和造陆振荡过程和侵蚀动力的相互作用。从全县范围看, 5类10型土地的面积比率、出现的频率比也体现了本区受地貌和侵

蚀两大主导因素影响的山地丘陵特征。

(2) 由于地貌形态的影响, 引起其它因素的分异, 并在地带性和非地带性因素控制下, 形成了不同的土地类型。各土地类型与地貌、水文、土壤和植被等因素的组成和分布有很强的相关性。就其分布而言, 表现出明显的层状、镶嵌状和空间的不均匀性。自沟底到梁峁顶部, 依次为川台沟台地—沟坡地—黄土梁峁坡地。由于地表侵蚀的作用, 沟道向梁峁坡地延伸并嵌入较上层的土地之中, 呈镶嵌状分布。

参考文献:

- [1] 黄文秀 农业自然资源[M]. 北京: 科学出版社, 1998
- [2] 倪绍祥 土地类型与土地评价概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992
- [3] 中共安塞县委员会 安塞县人民政府 安塞县 1988~2000 年经济社会发展战略规划[R]. 1987
- [4] 中国科学院西北水土保持研究所, 陕西省安塞县人民政府 安塞县水土保持实验区农业自然资源综合考察与规划报告集[R]. 1981
- [5] 安塞县地方志编纂委员会 安塞县志[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1993
- [6] 安塞县农业区划委员会 安塞县农业资源调查与农业区划报告集[R]. 1988
- [7] 李壁成 小流域水土流失与综合治理遥感监测[M]. 北京: 科学出版社, 1995
- [8] 朱显谟 陕西土地资源及其合理利用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1982
- [9] 文雅 黄土高原土地资源评价与土地生态系统的建设[D]. 杨陵: 中国科学院水利部水土保持研究所, 1995
- [11] 杨文治, 余存祖 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [12] 陈光伟, 雷震鸣, 宋桂琴 安塞县土地类型遥感调查与制图[A]. 见: 中国科学院国家计划委员会自然资源综合考察委员会, 等 黄土高原遥感调查试验研究[M]. 北京: 科学出版社, 1988 137-145
- [13] 傅伯杰 景观多样性分析及其制图研究[J]. 生态学报, 1995, (4): 345-350
- [14] 马俊杰 安塞县土地结构分析[A]. 见: 中国科学院国家计划委员会自然资源综合考察委员会, 等 黄土高原遥感调查试验研究[M]. 北京: 科学出版社, 1988 217-223
- [16] 陈德华, 叶树华, 任志远, 等 安塞县土地利用遥感调查与制图[A]. 见: 中国科学院国家计划委员会自然资源综合考察委员会, 等 黄土高原遥感调查试验研究[M]. 北京: 科学出版社, 1988 49-62