

文章编号: 1008-2786-(2016)3-297-08

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000131

侵蚀产沙研究中前处理方法对颗粒分析的影响

阎丹丹^{1,2}, 贺秀斌¹, 钟荣华^{1,2}, 高进长^{1,2}, 李 峪^{1,2}

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所/山地表生过程与生态调控重点实验室 四川 成都 610041;

2. 中国科学院大学 北京 100049)

摘 要: 以原状紫色土、沟垄耕作沟道沉积泥沙及消落带沉积泥沙为研究对象,分别采用几种常见的方法进行前处理,分析不同前处理后样品颗粒组成差异,探讨了适合土壤侵蚀与泥沙输移研究的颗粒分析前处理方法。结果表明:前处理方法对不同类型样品分散效果存在明显差异:传统前处理方法对消落带沉积泥沙分散效果最好,振荡10 h 对其余样品分散效果最好;经短距离搬运的沉积泥沙与土壤对前处理方法的敏感程度没有明显差异,但是消落带沉积泥沙与土壤对前处理方法的敏感程度有明显的差异。消落带沉积泥沙需经过化学处理才能得到最小中值粒径,而其他的样品在纯物理振荡下就能得到最小中值粒径。用物理方法进行前处理所测得的有效颗粒组成适用于侵蚀产沙过程的研究,而终极颗粒组成的前处理方法则需根据样品的性质合理选择,消落带沉积泥沙适合用双氧水和盐酸进行前处理,土壤样品和经短距离搬运的沉积泥沙适合用振荡为主的前处理方法。

关键词: 侵蚀产沙;颗粒分析;前处理方法

中图分类号: TV141.1; S151.9+5

文献标志码: A

坡面土壤水蚀是降雨径流和地表土壤间相互作用而产生土壤侵蚀的现象,包括降雨击溅和径流冲刷引起的土壤颗粒分离、泥沙输移和沉积三大过程^[1]。过去对侵蚀产沙的研究大都关注侵蚀产沙的总量,后来人们认识到侵蚀泥沙(特别是粘粒)是肥料流失和污染物(痕量金属、农药)流失的主要载体^[2-3],侵蚀产沙过程选择性搬运细小颗粒往往导致土壤养分及污染物的流失与富集,使得泥沙中的污染物浓度比附近水体中的高出几个数量级^[4],此后对侵蚀产生泥沙的性质及其与来源物质的关系越来越关注,特别是颗粒组成特性。了解泥沙的产生、运移和沉积,以及这一系列过程中的颗粒组成对于研究侵蚀产沙过程非常重要。实验室中泥沙颗粒分

析往往将其完全分散为单粒后进行,测定结果为终极颗粒组成,然而越来越多的证据表明:侵蚀产沙中包含了复粒^[5-9],侵蚀泥沙往往以复粒而非单粒的形式被运移,侵蚀泥沙的有效颗粒组成与终极颗粒组成有很大的差异,被分散成单粒的泥沙颗粒无法代表侵蚀产沙中颗粒的真实构成情况,在研究泥沙运移时应该同时测定并区分终极颗粒组成和有效颗粒组成,且只有有效颗粒组成才能直接反映运移过程^[8,10-12]。在分析河流悬移泥沙运移中,Phillips 和 Williams 等^[12-13]甚至提出了原位测量有效颗粒组成的方法,他们认为取样和测定过程可能会分散悬移质中的团聚体或者促使它们形成更大的复粒,从而改变真实的颗粒分布状态,原位测定能最准确的

收稿日期(Received date): 2015-03-18; 改回日期(Accepted): 2015-05-17。

基金项目(Foundation item): 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2XB309),国家自然科学基金项目(41171222)。[Supported by Chinese Academy of Sciences(KZCX2XB309) and the National Natural Science Foundation of China(41171222).]

作者简介(Biography): 阎丹丹(1989-),女,四川成都人,硕士研究生,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。[Yan Dandan(1989-),female, born in Chengdu, Sichuan Province, master candidate, research on soil erosion and soil and water conservation.] Tel: 15208258079; E-mail: yandandan55@sina.com

* 通信作者(Corresponding author): 贺秀斌(1967-),男,陕西镇安人,博士,研究员,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。[He Xiubin(1967-),male, born in Zhenan, Shanxi Province, Ph. D, Professor, specialized in soil erosion and soil and water conservation.] Tel: 13908086362, E-mail: xiubinh@imde.ac.cn

反映悬移质有效颗粒组成。但是沉积泥沙无法进行原位测定,并且泥沙沉积后被逐渐压实,可能发生再次的絮凝和团聚。因此用沉积泥沙颗粒组成反映侵蚀产沙时,需对泥沙样品进行一定的预处理,测定其有效颗粒组成。

为了明确侵蚀产沙过程研究的颗粒分析前处理方法及侵蚀产沙过程的颗粒组成特性,本文以原状紫色土、沟垄耕作沟道沉积泥沙及重庆忠县石宝镇长江消落带沉积泥沙为研究对象,采用不同的方法进行前处理,并对比不同前处理后样品的粒径组成,探讨适合土壤侵蚀与泥沙输移研究的颗粒分析前处理方法。

1 试验材料和研究方法

1.1 样品采集和处理

本研究以中国科学院三峡库区水土流失与环境研究站及盐亭站为依托,以原状紫色土、沟垄耕作沟道沉积泥沙及重庆忠县石宝镇长江消落带沉积泥沙为研究对象。挖紫色土剖面,按每 10 cm 划分一层,由下至上逐层采集土样,采样时需保持土块不受挤压,并剥去土块表面直接与土铲接触而变形的部分,保留原状土样,然后将样品置于塑料盒中,带回实验室。按此方法在盐亭采集紫色土剖面样(C1、C2……C10);在忠县采集紫色土剖面样(A1、A2……A11)。并按五点采样法采集沟垄耕作地垄上表土(HGD、NGD、YMD)及对应沟中沉积泥沙(HGG、NGG、YMG、QZG);并且在石宝镇长江消落带 148 ~ 163 m 高程上采集消落带沉积泥沙(X1、X2……

X5)。每个样品采集 1 kg,采样完成后,及时将土样掰成小块,自然风干,将风干土样全部过 2 mm 的筛备用。

1.2 样品分析

颗粒组成采用英国 Malvern 公司的 Mastersizer2000 型激光粒度仪(设定:泵速 3 000 r/min,激光强度 15)测定。测定前称取 5 g 过 2 mm 筛的样品置于 100 mL 离心管中,分别按表 1 所示方法进行前处理。有机质含量丰富的土壤遇到 H₂O₂ 会剧烈反应形成气泡,容易引起样品溢出损失,因此 H₂O₂ 浓度配置为 10%;若反应过程依然产生大量气泡,需使用乙醇消泡,防止样品溢出损失。根据前人的经验,盐酸浓度统一为 10%,由于 NaOH 会腐蚀仪器,该实验分散剂统一用 0.05 mol/L (NaPO₃)₆ 溶液,其中 8#处理为传统处理方法。对于需要洗涤的样品,反应完毕后加满纯水,静置 24 h 去除上清液,然后进行下一步操作;对于不需洗涤的样品,反应完成后静置 24 h 去除上清液,直接进行下一步操作。使用激光粒度仪测定时用取样勺充分搅拌泥浆样品,接着迅速取样并加入进样器,使遮光度稳定在 15% 左右,进行测定,测定完成后,将样品池中的样品超声分散 1 min,再次进行测定。

2 结果与分析

2.1 前处理对不同类型样品的分散效果差异

图 1 为典型样品在不进行超声处理、超声处理 1 min 和超声处理 2 min 后的粒径分布曲线,可见,超声 1 min 后样品颗粒组成明显变细,超声 2 min 较

表 1 前处理方法
Tab. 1 Pretreatment method

处理号	纯水	振荡	H ₂ O ₂	盐酸	洗酸	(NaPO ₃) ₆
Pretreatment	Pure water /mL	Oscillation /h	Hydrogen peroxide /mL	Hydrochloric acid /mL	Washing acid	Sodium hexametaphosphate solution /mL
1#	10	2	0	0	0	0
2#	10	10	0	0	0	0
3#	0	0	10	0	0	0
4#	0	0	足量	0	0	0
5#	0	0	0	10	否	0
6#	0	0	0	10	是	0
7#	0	0	足量	10	是	0
8#	0	0	足量	10	是	10
9#	0	0	0	0	0	10

超声 1 min 的稍有变细,但差异不大。在粒度的累积分布曲线上 d_{50} 值代表累积百分含量为 50% 处的粒径值,称为中值粒径,它代表样品的平均粗细状况^[14]。图 2 为超声 1 min 前后样品的中值粒径,可以看出超声处理后中值粒径普遍变小,说明超声 1 min 对样品有很好的分散效果,且有大量实验表明 1 min 超声处理不会造成单粒的破碎^[15]。因此这里认为经过一定前处理的样品,在超声 1 min 处理后中值粒径变化越小,则说明所采用的前处理方法分散效果越好,反之,则所用前处理方法分散效果不好。表 2 表示的是各系列样品在不同前处理下,超声 1 min 后中值粒径的变化。表格中粗体字标示的是同一行中绝对值最小的一项,可以看出 X 系列样品在 8# 处理下超声 1 min 后,其中值粒径的绝对变化和相对变化都最小,且明显小于其他处理下超声后的变化;而 A、C 系列(紫色土剖面样品)和 Y 系列(沟垄耕作表土及沟中沉积泥沙)样品都是在 2# 处理下超声 1 min 后,其中值粒径的绝对变化和相对变化最小,同样,也明显小于其他处理下超声后的变化。可见,前处理方法对 X 系列样品及其余样品的分散效果存在明显差异:8#(传统前处理方法)处理对 X 系列样品分散效果最好,2#(振荡 10 h)处理对其余样品分散效果最好。

2.2 振荡时间对样品颗粒组成的影响

由前述可知,振荡 10 h 对 X 系列样品分散效果不好,但其余样品在振荡 10 h 下分散效果最好,这里主要讨论振荡时间对样品粒径组成的影响。由表 3 可知,除样品 X1、X2 和 X3 外,振荡 10 h 的样品中值粒径比振荡 2 h 的都要小,平均差值是 $5.36 \mu\text{m}$,其中最大差值为 $15.52 \mu\text{m}$ 。除样品 X1、X2 和 X3

外,振荡 10 h 的样品砂粒含量都比振荡 2 h 的低,粉粒含量和粘粒含量都较高。土壤样品和沟垄耕作沟道沉积泥沙样品振荡 10 h 的 d_{50} 值明显较振荡 2 h 的小,而 X 系列样品的 d_{50} 值没有明显变小,甚至有增大的现象。振荡 2 h 和 10 h 的 d_{50} 差值绝对值最小的 5 项中 X 系列占了最小的 4 项(X1、X2、X3、X5),此外 X4 的 d_{50} 差值也较小;砂粒差值绝对值最小的 5 项中 X 系列占了 3 项(X1、X2、X3);粉粒差值绝对值最小的 5 项中 X 系列占了 2 项(X1、X3),X2 的粉粒差值绝对值也较小。说明振荡对土壤样品有明显的分散作用,但对消落带沉积泥沙分散作用较小。从表 2 也可以看出,振荡 10 h 对土壤样品和田间沟道沉积泥沙样品的分散效果明显比振荡 2 h 的好,但振荡 2 h 和振荡 10 h 对 X 系列样品的分散效果差异不大。

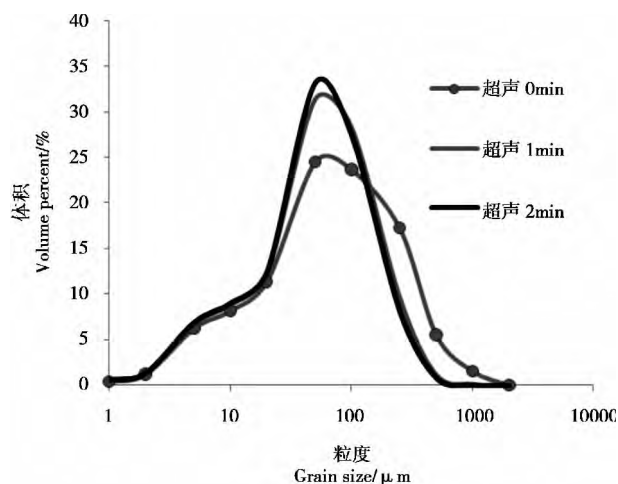


图 1 超声处理后典型样品粒径分布曲线

Fig. 1 Particle size distribution curve of a typical sample with ultrasonic treatment

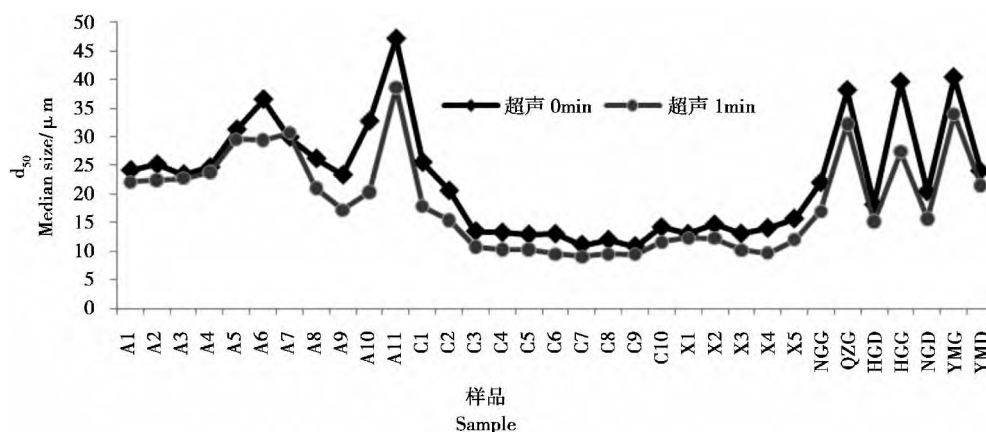


图 2 超声 1 min 前后样品中值粒径样品

Fig. 2 Median size of samples with and without ultrasonic treatment

表 2 不同前处理下超声 1 min 后各类型样品中值粒径变化
Tab.2 Median size variation of samples after ultrasonic treatment

样品类型 Type of sample	变化 Change	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#
A	绝对变化 Absolute change /μm	-4.22	-0.57	-2.01	-8.33	-4.38	-13.49	-6.43	-8.21	-8.49
C		-3.30	-0.45	-7.88	-4.36	-8.28	-13.50	-4.07	-1.11	-7.49
X		-2.78	-2.63	-1.3	-0.5	-1.72	-2.6	-0.5	-0.17	-1.84
Y		-6.88	-1.15	-4.05	-1.86	-7.46	-9.92	-2.03	-2.15	-2.90
均值 Mean		-4.29	-0.93	-4.11	-4.68	-5.81	-10.93	-3.99	-3.99	-5.83
A	相对变化 Relative change/%	-13.60	-1.63	-5.27	-21.75	-12.24	-35.56	-19.06	-25.52	-22.24
C		-21.45	-4.10	-33.32	-25.01	-34.38	-56.76	-24.97	-9.16	-35.08
X		-19.56	-18.47	-10.45	-4.61	-13.48	-19.28	-5.02	-1.70	-13.88
Y		-19.28	-3.46	-15.29	-7.77	-24.88	-30.19	-9.18	-7.13	-9.71
均值 Mean		-18.09	-5.01	-16.68	-17.18	-21.82	-38.38	-16.71	-14.36	-19.91

注: 1、“Y”为沟垄耕作地块中的表土和沟中沉积泥沙; 2、粗体字标示的为同一行中绝对值最小的 1 项。

总的来看,振荡对土壤样品和沟垄耕作沟道沉积泥沙的分散效果明显,但对 X 系列样品的分散效果不好。其原因在于: X 系列样品为采集至 148 ~ 163 m 高程的消落带沉积泥沙,已有研究表明,这一高程范围内的消落带沉积泥沙主要来自于上游的悬移质^[16],这些消落带沉积泥沙在沉积下来之前经过了长距离搬运,途中经历了长期、剧烈的水力冲刷,能被物理方法分散的土壤结构已经被破坏,剩下的都是力稳性和水稳性较好的结构,因此振荡处理不能将其充分分散,而采用传统化学处理使其得到了最好的分散效果;沟垄耕作沟道沉积泥沙仅仅经过短距离搬运就沉积下来,其中所含土壤结构还未被破坏,因此振荡对其和土壤的分散效果明显。X 系列(消落带沉积泥沙)和 A、C、Y 系列(紫色土及沟垄耕作沟道沉积泥沙)系列样品在化学方法处理下的分散效果差异可能来至于样品团聚结构的影响:消落带沉积泥沙的团聚结构已被水力作用破坏,因此对化学试剂的处理非常敏感,而自然状态下的土壤由于团聚结构的保护,对化学试剂的敏感性较低。

2.3 各类型样品在不同前处理下的中值粒径差异

同一样品在采用不同前处理后的颗粒组成不同,表 4 列出了各个样品中值粒径最小的前三种处理方法,可以看出: A 系列样品,最小中值粒径都产生在 2#处理,第二、三位集中在 3#和 5#处理,还有极个别产生在 1#、7#、8#、9#处理; C 系列样品,最小中值粒径集中在 2#处理,第二、三位集中在 1#、7#和 8#处理,还有极个别产生在 3#和 4#处理; X 系列样

品,最小中值粒径前三位集中在 7#、4#和 8#处理,还有极个别产生在 3#处理;其余耕地表土和沟道沉积泥沙样品最小中值粒径也都产生在 2#处理,第二、三位集中在 7#和 4#处理,还有极个别产生在 1#、8#、9#处理。由此可见 X 系列样品需要经过化学处理才能得到最小中值粒径,而其他的样品在纯物理振荡下就能得到最小的中值粒径,其原因与前处理对样品分散效果差异的原因一致。

与前处理方法对不同类型样品的分散效果的差异类似,采用不同前处理后, X 系列样品与其余样品的最小中值粒也出现在不同的处理中。8#处理对 X 系列样品分散效果最好, 2#处理对其余样品分散效果最好,相应的, X 系列样品最小中值粒径出现在 4#、7#处理,而其余样品全都出现在 2#处理。除 X 系列外的其余样品在 2#处理下分散效果最好,同时也得到了最小的中值粒径; X 系列样品在 8#处理下的分散效果最好,却未在 8#处理下得到最小中值粒径,而是在 4#、7#处理中得到最小中值粒径。这可能是因为每一步处理后都有一个静置并去除上清液的操作,越是复杂的前处理过程去除上清液的操作越多,而去除上清液的操作不可避免的会造成细颗粒的损失。2#处理只有一次去除上清液操作, 8#处理是所有处理方法中去除上清液次数最多的, 4#、7#处理介于二者之前,因此 8#处理下 X 系列样品分散效果最好,却得不到最小中值粒径,而 2#处理下其余样品分散效果最好并得到最小中值粒径。

表 3 不同振荡时间下粒径组成差异

Tab. 3 Particle size distribution difference under different shaking duration

样品 Sample	砂粒含量 Sand /%			粉粒含量 Silt /%			粘粒含量 Clay /%			d ₅₀ Median value /μm		
	Z2	Z10	差值	Z2	Z10	差值	Z2	Z10	差值	Z2	Z10	差值
均值 Mean	28.97	22.56	-6.41	67.99	73.26	5.27	3.04	3.25	0.21	22.54	17.18	-5.36
最大 Maximum	48.04	42.46	2.92	83.42	84.42	10.84	4.62	4.90	1.76	47.16	39.10	1.78
最小 Minimum	12.43	9.99	-12.32	50.33	54.83	-2.66	1.33	1.90	-2.13	10.84	8.15	-15.52
A1	32.17	28.15	-4.02	65.15	67.85	2.70	2.69	3.07	0.38	24.12	19.77	-4.35
A2	30.66	23.77	-6.89	66.50	72.26	5.76	2.84	3.01	0.17	25.15	18.22	-6.93
A3	32.64	26.86	-5.78	64.79	69.98	5.19	2.58	2.47	-0.10	23.41	20.07	-3.34
A4	31.84	23.89	-7.95	65.48	71.16	5.68	2.68	3.58	0.90	24.67	17.49	-7.18
A5	38.14	29.89	-8.25	59.28	66.73	7.46	2.59	2.52	-0.06	31.26	22.85	-8.41
A6	41.62	31.11	-10.51	55.98	64.24	8.26	2.40	3.26	0.86	36.54	23.07	-13.46
A7	37.25	32.30	-4.95	60.06	64.00	3.94	2.70	2.68	-0.02	29.89	24.18	-5.72
A8	34.93	22.98	-11.96	61.55	70.48	8.93	3.52	4.70	1.17	26.16	14.25	-11.92
A9	30.80	24.97	-5.84	65.13	68.43	3.30	4.07	4.41	0.34	23.31	16.27	-7.04
A10	38.05	31.39	-6.66	58.68	62.50	3.82	3.27	3.62	0.35	32.72	23.60	-9.12
A11	48.04	42.46	-5.58	50.33	54.83	4.50	1.63	1.90	0.27	47.16	39.10	-8.07
C1	37.04	28.50	-8.54	61.63	69.01	7.38	1.33	2.23	0.90	25.51	17.26	-8.25
C2	32.04	22.64	-9.40	66.14	73.14	7.00	1.82	3.57	1.76	20.54	13.43	-7.11
C3	19.70	16.31	-3.38	77.10	79.38	2.28	3.20	3.80	0.60	13.43	11.19	-2.25
C4	20.48	14.04	-6.45	75.90	81.71	5.81	3.62	3.86	0.25	13.22	10.57	-2.66
C5	18.94	14.63	-4.32	77.71	80.69	2.99	3.35	4.07	0.72	12.87	10.70	-2.16
C6	25.36	13.05	-12.32	70.68	81.45	10.77	3.96	4.69	0.74	12.98	8.94	-4.05
C7	20.38	9.99	-10.39	75.40	84.33	8.94	4.22	4.90	0.68	11.10	8.15	-2.95
C8	22.65	10.54	-12.10	73.31	84.15	10.84	4.05	4.71	0.66	11.93	8.29	-3.64
C9	18.50	12.22	-6.28	77.67	82.81	5.14	3.84	4.29	0.46	10.84	8.68	-2.16
C10	28.50	16.91	-11.59	68.94	79.19	10.25	2.56	3.73	1.17	14.14	8.67	-5.47
X1	13.11	14.94	1.83	82.26	81.64	-0.62	4.62	2.49	-2.13	12.98	14.26	1.27
X2	13.65	16.57	2.92	83.42	80.76	-2.66	2.92	2.03	-0.89	14.62	16.40	1.78
X3	12.43	13.79	1.35	83.21	81.90	-1.32	4.36	2.89	-1.46	13.03	13.60	0.57
X4	17.58	10.21	-7.37	77.95	84.42	6.47	4.47	3.43	-1.04	13.99	11.12	-2.87
X5	17.07	13.53	-3.53	79.12	82.36	3.24	3.81	2.79	-1.02	15.65	13.99	-1.66
NGG	28.88	20.55	-8.33	68.66	76.74	8.08	2.46	2.42	-0.05	21.97	14.94	-7.03
QZG	41.99	39.93	-2.07	55.75	57.35	1.60	2.26	2.08	-0.18	38.15	34.85	-3.30
HGD	24.37	21.48	-2.89	73.22	74.39	1.17	2.41	3.36	0.95	18.11	14.52	-3.58
HGG	43.87	32.50	-11.37	53.92	64.44	10.52	2.21	2.48	0.26	39.58	24.06	-15.52
NGD	26.42	18.08	-8.35	70.18	76.91	6.73	3.40	3.91	0.52	20.38	12.72	-7.66
YMG	44.37	40.44	-3.93	53.74	56.98	3.25	1.89	2.00	0.11	40.40	34.53	-5.88
YMD	32.45	25.92	-6.53	64.95	71.36	6.41	2.60	2.30	-0.30	24.01	17.15	-6.86

注: 粗体表示的是该列中绝对值最小的 5 项。

表 4 得到的最小中值粒径的三种前处理方法
Tab. 4 Three pretreatments which got the least median size among all the pretreatments

样品 Sample	第一最小值		第二最小值		第三最小值	
	Least median size		The 2 nd least median size		The 3 rd least median size	
	方法 Pretrea- tment	值 Value / μm	方法 Pretrea- tment	值 Value / μm	方法 Pretrea- tment	值 Value / μm
A1	2#	19.77	5#	22.95	7#	23.66
A2	2#	18.22	5#	22.91	3#	24.32
A3	2#	20.07	3#	22.50	1#	23.41
A4	2#	17.49	5#	23.83	3#	24.51
A5	2#	22.85	3#	27.55	5#	27.88
A6	2#	23.07	5#	33.64	3#	33.65
A7	2#	24.18	3#	27.89	8#	28.84
A8	2#	14.25	3#	19.30	9#	23.64
A9	2#	16.27	3#	18.22	1#	23.31
A10	2#	23.60	9#	28.19	8#	31.34
A11	2#	39.10	3#	45.50	1#	47.16
C1	2#	17.26	7#	19.32	8#	20.27
C2	2#	13.43	7#	19.97	4#	20.52
C3	2#	11.19	8#	11.85	1#	13.43
C4	4#	9.21	8#	9.58	7#	9.84
C5	8#	10.28	2#	10.70	1#	12.87
C6	2#	8.94	8#	10.00	1#	12.98
C7	2#	8.15	7#	8.83	8#	10.47
C8	2#	8.29	8#	9.86	4#	11.49
C9	2#	8.68	1#	10.84	8#	11.24
C10	2#	8.67	3#	11.18	7#	11.22
X1	7#	10.45	8#	11.04	3#	11.90
X2	7#	11.79	4#	11.96	8#	12.22
X3	4#	9.02	7#	9.37	8#	9.69
X4	4#	8.75	7#	9.19	8#	9.36
X5	7#	10.60	8#	10.90	4#	11.45
NGG	2#	14.94	7#	17.44	4#	17.88
QZG	2#	34.85	8#	35.34	7#	35.59
HGD	2#	14.52	7#	15.65	1#	18.11
HGG	2#	24.06	4#	24.43	7#	25.01
NGD	2#	12.72	7#	14.24	4#	14.42
YMG	2#	34.53	4#	36.96	9#	38.12
YMD	2#	17.15	7#	20.09	8#	21.25

2.4 适合侵蚀产沙和土壤学研究的前处理方法
样品类型和前处理方法都会对颗粒组成产生影

响,且前处理在分散样品的同时也会不可避免的造成样品中细颗粒的损失,因此前处理方法的选择必须要考虑研究目的和样品的特点,也需要考虑前处理方法分散效果及处理过程的细颗粒损失。

侵蚀产沙过程本身是一个物理过程。消落带沉积泥沙包含着长期剧烈的水力冲刷都无法破坏的稳定结构,但是这些结构对化学处理较敏感,因此要反映侵蚀产沙过程不能采用化学方法,只能用物理方法进行分散。同样,坡面侵蚀产生的泥沙中也存在水稳性团聚结构,这些水稳性团聚结构在侵蚀产沙过程并未被分散破坏,是土壤抗蚀性的体现,因此要反映土壤抗蚀性也不能采用化学方法对土壤进行前处理,而应采用物理方法处理测定其有效颗粒组成。美国农业部 Burt 提出若土壤颗粒分析的目的是评价土壤对水力侵蚀的敏感性,则不需化学试剂进行前处理,直接用水进行悬浮分散^[17]。

土壤样品和田间沟道沉积泥沙样品在 1 min 超声处理后,2#(振荡 10 h)处理的中值粒径相对变化最小,说明 2#处理的分散效果较好,并且土壤样品在 2#处理下中值粒径是所有处理中最小的,振荡处理简单方便,避免了复杂的前处理步骤可能带来的细颗粒损失,同时也避免了化学药品对仪器的腐蚀和对环境的污染,为紫色土终极颗粒组成推荐前处理方法;对于有机质、碳酸盐含量极高的样品可考虑化学方法处理与振荡结合使用。对消落带沉积泥沙,由于已经历长距离搬运过程的水力作用,物理结构已被破坏,可采用 7#方法进行前处理以测量终极颗粒组成。

3 结论

1. 前处理方法对不同类型样品分散效果存在明显差异:传统前处理方法对消落带沉积泥沙分散效果最好,振荡 10 h 处理对其余样品分散效果最好;经短距离搬运的沉积泥沙与土壤对前处理方法的敏感程度没有明显差异,但是消落带沉积泥沙与土壤对前处理方法的敏感程度有明显的差异。

2. 消落带沉积泥沙需要经过化学处理才能得到最小中值粒径,而土壤和经短距离搬运的沉积泥沙在纯物理振荡下就能得到最小的中值粒径。

3. 用物理方法进行前处理所测得的有效颗粒组成适用于侵蚀产沙过程的研究;而终极颗粒组成的前处理方法则需根据样品的性质合理选择,消落带

沉积泥沙适合用双氧水和盐酸进行前处理,土壤样品和经短距离搬运的沉积泥沙适合用振荡为主的前处理方法。

参考文献(References)

- [1] 李朝霞,王天巍,史志华,等. 降雨过程中红壤表土结构变化与侵蚀产沙关系[J]. 水土保持学报,2005,19(1):1-4,9 [Li Zhaoxia, Wang Tianwei, Shi Zhihua, et al. Relationship between top soil structure changes and erosion process of red soil under simulated rainfall[J]. Journal of Soil and Water conservation, 2005, 19(1): 1-4, 9]
- [2] Novotny V, Chesters G. Delivery of sediment and pollutants from nonpoint sources - A water quality perspective [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1989, 44(6): 568-576
- [3] Juracic M, Vitturi L M, Rabitti S, et al. Suspended matter properties and its role in pollutant transfer from the river to the sea-case study - Adige River Adriatic sea[J]. Science of the Total Environment, 1986, 55: 243-249
- [4] Ongley, E D. Influence of season, source and distance on physical and Chemical properties of suspended sediment [J]. Hydrological Sciences Journal - Journal Des Sciences Hydrologiques, 1982, 27(2): 247-247
- [5] 吴凤至,史志华,方怒放,等. 不同降雨条件下侵蚀泥沙黏粒含量的变化规律[J]. 环境科学,2012,33(7):2497-2502 [Wu Fengzhi, Shi Zhihua, Fang Nufang, et al. Temporal variations of clay content in eroded sediment under different rainfall condition[J]. Environment Science, 2012, 33(7): 2497-2502]
- [6] 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,1999,6(01):36-40,86 [Huang Li, Zhang Guangyuan, Ding Shuwen, et al. Study on soil particle losses of eroded purple field[J]. Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation, 1999, 6(01): 36-40, 86]
- [7] 郭进,文安邦,严冬春,等. 三峡库区紫色土坡地土壤颗粒流失特征[J]. 水土保持学报,2012,26(3):18-21 [Guo Jin, Wen Anbang, Yandongchun, et al. Particle characteristics of eroded purple soil from slope land in the Three Gorges Reservoir Region [J]. Journal of Soil and Water conservation, 2012, 26(3): 18-21]
- [8] Ongley E D, Bynoe M C, Percival J B. Physical and geochemical characteristics of suspended - solids, Wilton Creek, Ontario [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1981, 18(8): 1365-1379
- [9] Martinez - Mena M, Rogel J A, Albaladejo J, et al. Influence of vegetal cover on sediment particle size distribution in natural rainfall conditions in a semiarid environment [J]. Catena, 2000, 38(3): 175-190
- [10] Walling D E, Moorehead P W. The particle size characteristics of fluvial suspended sediment: an overview [J]. Hydrobiologia, 1989, 176: 125-149
- [11] Slattery M C, Burt T P. Particle size characteristics of suspended sediment in hillslope runoff and stream flow [J]. Earth surface processes and landforms, 1997, 22(8): 705-719
- [12] Phillips J M, Walling D E. Measurement in situ of the effective particle - size characteristics of fluvial suspended sediment by means of a field - portable laser backscatter probe: some preliminary results[J]. Marine and freshwater research, 1995, 46(1): 349-357
- [13] Williams N D, Walling D E, Leeks G J L. High temporal resolution in situ measurement of the effective particle size characteristics of fluvial suspended sediment [J]. Water Research, 2007, 41(5): 1081-1093
- [14] 王君波,朱立平. 不同前处理对湖泊沉积物粒度测量结果的影响[J]. 湖泊科学,2005,17(1):17-23 [Wang Junbo, Zhu Liping. Influence of Different Pretreatments on Grain - size Measurement of Lake Sediments [J]. Journal of Lake Science, 2005, 17(1): 17-23]
- [15] 冯志刚,王世杰,罗维均,等. 不同前处理方法对红色风化壳粒度测试结果的影响[J]. 矿物学报,2006,26(1):1-7 [Feng Zhigang, Wang Shijie, Luo Weijun, et al. The influence of different pretreatment methods on grain size distribution of red weathering crusts[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2006, 26(1): 1-7]
- [16] 阎丹丹,鲍玉海,贺秀斌,等. 三峡水库蓄水后长江干支流及消落带泥沙颗粒特征分析[J]. 水土保持学报,2014,28(4):289-292,329 [Yan Dandan, Bao Yuhai, He Xiubin, et al. Particle size characteristics of sediment in draw down area of upper Yangtze River and its major tributaries of Three Gorges Reservoir[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2014, 28(4): 289-292, 329]
- [17] Burt R. Soil survey laboratory methods manual [M]. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, 2004: 35-36

Effects of Pretreatment Method on Particle Size Analysis for Soil Erosion and Sediment Transport Research

YAN Dandan^{1 2}, HE Xiubin¹, ZHONG Ronghua^{1 2}, GAO Jinzhang^{1 2}, LI Yu^{1 2}

(1. Key Laboratory of Mountain Surface Process and Ecological Regulation / Institute of Mountain Hazards and Environment ,

Chinese Academy of Science & Ministry of Water Conservancy ,Chengdu 610041 ,China;

2. University of Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100049 ,China)

Abstract: Purple soil , sediment deposited in furrow and water level fluctuating zone were sampled for the study to analyze the particle size distribution influenced by pretreatments; the study further discussed the appropriate pretreatments selection for soil erosion and sediment transport research. The study results showed that: pretreatment effects were significantly different among different types of samples; the traditional pretreatment has the best dispersion effect on sediment of water level fluctuating zone , while 10 – hour oscillation has the best dispersion effect on purple soil and sediment from furrow; Sediment deposited in furrow (eroded nearby) and soil have the same level of sensitivity to pretreatments , while sediment deposited in water level fluctuating zone and soil have different sensitivity level to pretreatments. Sediment from water level fluctuating zone gets the minimum median diameter only by chemical pretreatment , while purple soil and sediment from furrow get the median diameter by oscillation. Non-chemical pretreatment are the appropriate treatment for soil erosion and sediment transport study deriving effective particle size distribution , while pretreatment for ultimate particle size distribution should be chosen according to the properties of samples: sediment deposited in water level fluctuating zone need to be pretreated by hydrogen peroxide and hydrochloric acid to get the ultimate particle size distribution , while sediment deposited in furrow (eroded nearby) and soil can get the ultimate particle size distribution by oscillation.

Key words: soil erosion and sediment transport; particle size analysis; pretreatment method