

# 蒋家沟高含沙水流泥沙特性与泥石流滩地的改良

王道杰, 崔鹏, 朱波, 韦方强

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 蒋家沟流水含沙量极为丰富, 浑水期含沙量为  $23.1 \sim 335.1 \text{ kg/m}^3$ 。含沙水流泥沙颗粒主要集中在  $< 0.02 \text{ mm}$  范围内, 含量为  $73.07\% \sim 86.58\%$ ; 微团聚体主要分布在  $0.02 \sim 0.002 \text{ mm}$ , 含量为  $54.13\% \sim 80.08\%$ ; 泥沙养分除全钾极丰富外, 其它养分含量处于缺乏或极缺乏状态。含沙水流泥沙对滩地土壤物理结构、剖面结构、微团聚体数量及组成比例改善作用显著, 但对土壤养分改良效果较差。在引浑停淤改良滩地的同时, 应增施有机肥, 实施配方施肥, 改良耕作措施, 防止滩地土壤出现板结、瘦地等不良现象。

**关键词:** 蒋家沟; 高含沙水流; 引浑停淤; 泥石流滩地; 改良

中图分类号: P90, P93

文献标识码: A

我国山区泥石流分布广, 数量多, 形成大面积的泥石流滩地<sup>[1]</sup>, 仅云南小江河谷两岸就有泥石流滩地  $4\,800 \text{ hm}^2$ <sup>[2]</sup>, 其中蒋家沟流域内泥石流滩地面积为  $396 \text{ hm}^2$ <sup>[3]</sup>。泥石流滩地是泥石流暴发后形成的泥石流堆积物, 地势平缓、水源充足、热量丰富, 是较好的土地资源, 具有广阔的开发前景, 其滩地的开发已成为贫困山区发展经济和改善生态环境的重要途径。据调查, 小江两岸  $1 \text{ hm}^2$  泥石流滩地的产量相当于  $5 \text{ hm}^2$  坡耕地的产量; 蒋家沟流域泥石流滩地开垦的水稻田年产可达  $10\,500 \text{ kg/hm}^2$ <sup>[4]</sup>。然而, 由于泥石流流体粘稠、结构紧密, 沉积时, 流体几乎呈整体堆积, 颗粒分选性差, 形成的堆积物没有明显的分层现象; 同时, 泥石流滩地发育而成的年轻土壤, 由于成土时间短, 受生物和气候影响不深, 致使其土壤剖面层次不明显。泥石流的沉积特性决定了其形成的滩地剖面结构非常不合理, 在对滩地开发过程中很难形成作物对土壤所需的耕作层、犁底层和心土层, 导致滩地土壤保肥、蓄水功能十分脆弱。本文对云南蒋家沟高含沙水流(非泥石流暴发时样)泥沙特性及其对滩地土壤的改良作用作了初步研究, 以期对泥石流滩地改良和开发提供科学依据。

## 1 研究样地与研究方法

### 1.1 研究样地概况

蒋家沟位于云南省东北部, 是金沙江水系小江右岸的一条支流。流域位于康滇地轴东缘的小江断裂带内( $23^{\circ}13' \sim 23^{\circ}17' \text{ N}$ ,  $103^{\circ}6' \sim 103^{\circ}13' \text{ E}$ ), 由于老构造错综复杂, 新构造运动强烈, 加之人类不合理的经济活动, 使该沟成为我国泥石流最发育的典型沟谷。蒋家沟流水四季不断, 水量变化为  $0.06 \sim 0.71 \text{ m}^3/\text{s}$ <sup>[5]</sup>, 每年 5~ 11 月为浑水期, 含沙量很高, 12 月至次年 4 月为清水期, 含沙量很少。泥石流滩地主要分布于流域的中下游, 滩地面积为  $396 \text{ hm}^2$ , 现已开发  $286 \text{ hm}^2$ <sup>[4]</sup>。

### 1.2 取样方法

浑水期, 在流域中游对蒋家沟沟床流水每 10 d 进行分期取含沙水样, 泥石流暴发停止数小时后补充取样(表 1)。在流域中下游选择典型地段, 对新形成的泥石流荒滩地、引浑停淤改良开发种植 6 a 泥石流滩地(简称改良滩地, 下同)及未进行引浑停淤开发种植 6 a 泥石流滩地(简称未改良滩地, 下

收稿日期(Received date): 2003- 03- 18; 改回日期(Accepted): 2003- 07- 15。

基金项目(Foundation item): 本研究得到中国科学院知识创新项目(KZCX2- SW- 319)、国家自然科学基金重点项目(项目编号: 49831010)和成都山地所青年种子基金(课题编号: 200320)的共同资助。[Supported by the knowledge innovation project of Chinese Academy of Science (ID: KZCX2- SW- 319), national natural science foundation key project (ID: 49831010) and youth seed science foundation of Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, China.]

作者简介(Biography): 王道杰(1968- ), 男(汉族), 四川成都人, 硕士, 助研。主要从事土壤学、农业生态的研究工作。[WANG Dao-jie (1968- ), male (Han), born in Chengdu, Sichuan province, assistant Prof. Mainly study on soil ecology.]

同)取表土层土样,记录表土层厚度及剖面结构,将土样带回室内作常规分析。

表 1 不同高含沙水流样泥沙含量  
Table 1 The concentration of silt in different types  
hyperconcentrated flow

含沙水流样 编号	取样时间 (年月日)	取样背景	清浊稳定界面 体积比(%) <sup>1)</sup>	泥沙含量 (g/1000ml)
1	2002- 7- 16	平常水样	5.5	23.1
2	2002- 7- 18	泥石流停止后 4 h	41.0	235.7
3	2002- 7- 27	平常水样	9.0	37.6
4	2002- 8- 6	平常水样	6.5	30.6
5	2002- 8- 15	泥石流停止后 4 h	47.0	335.1
6	2002- 8- 25	雨后 4 h	22.0	95.0

1) 清浊稳定界面为含沙水样静止 4d 后的稳定界面。

1.3 样品分析方法

对高含沙水样进行泥沙沉降试验和含沙量测定。泥沙沉降试验方法为:将高含沙水样充分搅拌,用 1 000 ml 量筒取含沙水样 1 000 ml,静止,每 10 min 记录清浊界面下降高度,直至清浊界面相对稳定为止。含沙量测定方法为:泥沙沉降试验结束后,将量筒内泥沙进行过滤、烘干,称重。将高含沙水样泥沙风干样品及滩地土样进行常规项目测定,常规项目的测定方法为<sup>[6,7]</sup>:土壤颗粒及微团聚体组成——吸管法;土壤全氮——半微量开氏法;有效氮——扩散吸收法;土壤全磷——氢氧化钠碱熔-钼锑抗比色法;有效磷——碳酸氢钠浸提法;全钾——氢氧化钠碱熔-火焰光度法;有效钾——1mol/L 乙酸铵浸提-火焰光度法;有机质——重铬酸钾氧化-外加加热法;pH——电位法。

2 结果与分析

2.1 蒋家沟高含沙水流泥沙特性

2.1.1 高含沙水流泥沙含量

蒋家沟流水浑水期间的平常水样含沙量为 23.1~ 37.6 kg/m<sup>3</sup>,雨后 4 h 水样含沙量约为 95 kg/m<sup>3</sup>左右,泥石流暴发停止 4 h 后水样含沙量为 235.7~ 335.1 kg/m<sup>3</sup>(表 1)。含沙量高主要是因为沟床两岸及源头支沟岩性软弱、断裂纵横、地形陡峭、植被稀疏,水土流失严重,一到雨季,坡面径流、泥石流、滑坡便将大量的泥沙带入主沟。蒋家沟流水浑水期高含沙量为引浑停淤改良泥石流滩地提供了丰富的泥沙来源。

2.1.2 高含沙水流泥沙沉降特性

蒋家沟含沙水流泥沙沉降速度与水样含沙量密切相关,水样含沙量越高,泥沙沉降速度越慢,反之,泥沙沉降速度越快(图 1)。其原因主要是含沙量增大后,絮凝作用形成的网架结构的影响。蒋家沟浑水期间的平常水样(水样号:1、3、4)含沙量(23.1~ 37.6 kg/m<sup>3</sup>)相对较低,其泥沙沉降速度最快,静止 20 min 后,清浊界面已降至 21.0%~ 42.5%;静止 120 min 后,清浊界面已趋稳定,其界面相对高度为 8.3%~ 16.5%;静止 1 d 后,清浊界面已非常稳定,其界面相对高度为 6.0%~ 10.0%,静止 2 d 与静止 1 d 的清浊界面相对高度基本不变。雨后 4 h 水样(水样号:6)含沙量较高(95 kg/m<sup>3</sup>),其泥沙沉降速度相对较慢,静止 90 min 后,其速度减缓,此时清浊界面相对高度为 46.5%;静止 120 min 后,其清浊界面相对高度为 42.5%;静止 1 d 后,清浊界面相对高度为 22.8%,静止 2 d 与静止 1 d 的清浊界面相对高度变化很小。泥石流暴发停止 4 h 后水样(水样号:2、5)含沙量最高(235.7~ 335.1 kg/m<sup>3</sup>),其沉降速度非常缓慢,速率随时间变化很小,静止 120 min 后,清浊界面相对高度为 72.8%~ 78.0%;静止 1 d 后,清浊界面相对高度为 46.5%~ 54.5%;静止 2 d 后,清浊界面相对高度为 42.5%~ 48.8%。可见,对蒋家沟含沙水流进行引浑停淤改良滩地时,不同含沙水流引浑停淤措施不同:浑水期平常含沙水流引浑灌溉,浑水在田间静止 2 h 后,可将上层清水排放,然后再循环引浑停淤;而雨后及泥石流暴发停止后含沙量极高的水样引浑停淤,浑水在田间静止 1 d 后,可将上层清水排放,然后再循环引浑停淤。

2.1.3 高含沙水流泥沙颗粒组成

蒋家沟流水浑水期不同含沙水流泥沙颗粒组成非常一致,呈单峰分布,主要集中在 0.02~ 0.002 mm 间,颗粒含量为 43.15%~ 51.17%,平均含量为 47.91%(表 2)。砂粒含量为 1.08%~ 6.84%,粉粒含量为 56.11%~ 64.51%,粘粒含量为 29.92%~ 37.32%;< 0.02 mm 的颗粒含量为 73.07%~ 86.58%。泥石流荒滩地砂粒含量为 47.14%,粉粒含量为 37.91%,粘粒含量为 14.95。可见,蒋家沟高含水泥沙颗粒组成对改良泥石流滩地土壤物理结构具有重要的重用。同时,由于< 0.02 mm 的颗粒含量很高,如果引浑停淤形成的淤泥层过厚,而不实施相应的耕作及施肥措施有可能出现耕地板结现象。

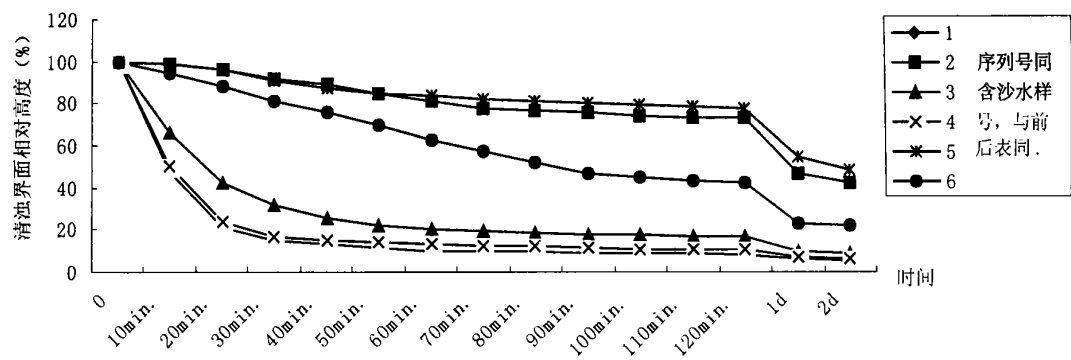


图1 蒋家沟高含沙水流泥沙沉降速率变化示意图

Fig 1 The depositional ratio of silt of hyperconcentrated flow in the Jiangjia Ravine

表2 蒋家沟高含沙水流泥沙不同粒径(mm)颗粒组成(%)

Table 2 Soil particle composition distribution of the silt of hyperconcentrated flow

样号	粒径						
	2~ 1	1~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.05	0.05~ 0.02	0.02~ 0.002	< 0.002
1	0.00	0.03	0.26	0.93	12.20	49.26	37.32
2	0.16	0.01	0.43	0.48	13.34	51.17	34.41
3	0.00	0.00	0.29	6.55	9.81	46.30	37.05
4	0.21	0.00	0.50	5.20	11.03	48.78	34.27
5	0.15	0.01	1.78	9.69	15.29	43.15	29.92
6	0.01	0.01	0.47	5.92	9.14	48.81	35.64

2.1.4 高含沙水流泥沙微团聚体组成

蒋家沟含沙水流泥沙微团聚体主要集中在0.02~ 0.002 mm 间, 含量为 80.08% ~ 54.13%; < 0.25 mm 微团聚体含量为 97.94% ~ 99.77% (表3)。不同含沙水样泥沙微团聚体组成基本相似, 其不同之处为 0.02~ 0.002 mm 间微团聚体含量相差较大, 浑水期平常含沙水流泥沙微团聚体含量为 69.17% ~ 80.08%; 雨后 4 h 含沙水流泥沙微团聚体含量为 69.98%; 泥石流暴发停止 4 h 后含沙水流微团聚体含量为 54.13% ~ 64.53%。据陈恩风等人<sup>[8~ 9]</sup>对微团聚体研究表明: 微团聚体的数量及组成比例对土

壤水肥的保蓄与释供能力和土壤的自动调节性能有重要的决定作用, 其组成特性能较综合地反映土壤肥力水平的高低, 小粒级微团聚体有较强的持水性和保肥性, 对水肥有较大的供应潜势; 大粒级微团聚体对水肥的释供能力较强, 能提供可被植物直接利用的水分和养分。可见, 蒋家沟含沙水流泥沙微团聚体对改良泥石流滩地土壤保肥蓄水功能具有重要作用, 其中, 浑水期平常含沙水流泥沙微团聚体特性比泥石流暴发停止 4 h 后含沙水微团聚体特性的保肥蓄水功能更强。

表3 蒋家沟高含沙水流泥沙不同粒径(mm)微团聚体组成(%)

Table 3 Soil microaggregate composition of the silt of hyperconcentrated flow

样号	粒径						
	2~ 1	1~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.05	0.05~ 0.02	0.02~ 0.002	< 0.002
1	0.00	0.00	0.23	2.05	12.46	80.08	5.18
2	0.12	0.00	0.51	3.75	15.54	64.53	15.54
3	0.00	0.00	0.27	3.90	14.14	70.79	10.94
4	0.00	0.00	0.72	3.62	15.28	69.17	11.20
5	0.19	0.05	1.82	16.60	13.54	54.13	13.66
6	0.00	0.00	1.74	6.00	10.91	69.98	12.19

2.1.5 高含沙水流泥沙养分特性

蒋家沟不同含沙水流水样泥沙养分组成非常相似,除全钾极丰富外,其它养分含量都处于缺乏或极缺乏状态,土壤呈碱性(表4)。含沙水流泥沙养分含量分别为:有机质 0.50 %~ 0.66 %;全氮 1.30~ 1.38 g/kg;全磷 0.69~ 0.82 g/kg;全钾 37.05~ 40.24 g/kg;有效氮 11.56~ 18.76 mg/kg;有效磷 2.19~ 3.51 mg/kg;有效钾 56.72~ 72.30mg g/kg; pH 为 8.44

~ 8.55。含沙水流泥沙全钾极丰富的主要原因是泥沙中的粘土矿物以伊利石(水云母),绿泥石和蒙脱石为主<sup>[5]</sup>,这些矿物含有丰富的钾元素,故泥沙钾肥潜力较大,但有效钾含量较低。由于泥沙养分贫瘠,对蒋家沟含沙水流进行引浑停淤改良滩地土壤物理结构时,如不采取有效的施肥措施,滩地土壤可能会出现“瘦地”现象。

表 4 蒋家沟高含沙水流泥沙养分特性  
Table 4 The soil nutrient properties of the silt of hyperconcentrated flow

泥沙 样号	pH	有机质 (%)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	有效氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	有效钾 (mg/kg)
1	8.50	0.50	1.33	0.74	38.67	18.76	2.19	72.27
2	8.55	0.54	1.33	0.79	37.57	14.45	3.51	61.95
3	8.55	0.59	1.38	0.82	40.24	11.56	2.38	72.28
4	8.50	0.66	1.30	0.69	37.72	11.57	2.76	67.01
5	8.50	0.58	1.35	0.77	37.05	11.56	2.94	56.72
6	8.44	0.52	1.36	0.69	37.86	11.57	2.94	72.30

2.2 高含沙水流泥沙对泥石流滩地的改良效应

2.2.1 高含沙水流泥沙对泥石流滩地土壤颗粒组成的改良

蒋家沟含沙水流泥沙对泥石流滩地土壤物理结构和剖面结构改良效果显著(图2)。新形成的泥石流荒滩地砂粒含量为 47.14%,粉粒含量为 37.91%,粘粒含量为 14.95%;对泥石流滩地开发种植而未引浑停淤改良的滩地土壤其砂粒含量为 29.91%,粉粒含量为 49.84%,粘粒含量为 20.25%,

表土层厚度为 0~ 18 cm;引浑停淤改良后的滩地土壤其砂粒含量为 7.75%,粉粒含量为 62.17%,粘粒含量为 30.08%,表土层厚度为 0~ 25 cm。根据土壤颗粒组成,参照美国制土壤质地分类三角坐标图<sup>[10]</sup>,可查得泥石流荒滩地主要为砂质壤土,未引浑停淤改良的滩地土壤为粉壤土,引浑停淤改良后的滩地土壤为粉质粘壤土。可见,含沙水流泥沙对滩地土壤颗粒组成改良作用显著,其主要原因为含沙水流泥沙颗粒组成集中在粉粒和粘粒之间。

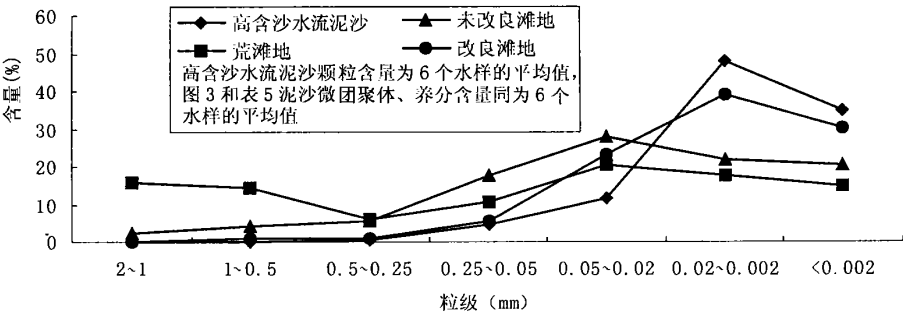


图 2 不同类型滩地土壤颗粒分布

Fig 2 Soil particle composition distribution of the different types waste shoal land

2.2.2 高含沙水流泥沙对泥石流滩地土壤微团聚体的改良作用

蒋家沟含沙水流泥沙对泥石流滩地土壤微团聚体的数量和组成比例具有显著的改良作用。新形成的泥石流荒滩地土壤微团聚体数量较少,< 0.25 mm 的微团聚体含量仅为 38.44%;对泥石流滩地开发种植而未引浑停淤改良的滩地土壤微团聚体< 0.25 mm 含量为 82.94%,主要集中在 0.25~ 0.05 mm,含量为 49.62%;通过引浑停淤改良的滩地土壤微团聚体< 0.25 mm 含量为 95.31%,主要集中在 0.02~ 0.002 mm,含量为 53.41% (图 3)。可见,经引浑停淤改良后的滩地土壤微团聚体数量提高非常显著,微团聚体主要以小粒径为主,极大地增强了土壤的保肥蓄水功能;开发种植而未经引浑停淤改良的滩地土壤微团聚体数量虽然较荒滩地有较大提高,但不如引浑停淤改良滩地土壤提高显著,微团聚体主要以大粒径为主,土壤保肥蓄水功能相对较弱。其原因主要是含沙水流泥沙微团聚体数量很高,且以小粒径为主。

2.2.3 高含沙水流泥沙对泥石流滩地土壤养分的改良作用

蒋家沟含沙水流泥沙对泥石流滩地养分有效钾含量有较大提高,但对其它养分状况改良作用很小 (表 5)。新形成的泥石流滩地除全钾极丰富外,其它养分含量都处于极缺或缺乏状态;开发种植而未经引浑停淤改良的滩地土壤养分全氮、有效氮、有效磷有较大提高,但有机质、有效钾含量 (33.73 mg/kg) 极低,处于缺乏状态;经引浑停淤改良后的滩地土壤养分除有效钾含量 (57.42 mg/kg) 较未经引浑停淤改良的滩地土壤有较大提高外,其它养分含量同未经引浑停淤改良的滩地土壤基本相似。其主要原因是开发种植过程中,重氮、磷肥而少施或不施有机肥,未施钾肥,而含沙水流的泥沙除有效钾 (67.09 mg/kg) 相对较高、全钾极丰富外,其它养分含量很低,故只能对滩地土壤有效钾有一定的改善作用。因此,在引浑停淤改良滩地土壤物理结构的同时,应增施有机肥、实施配方施肥才能全面改良滩地土壤,提高滩地土壤的综合性能。

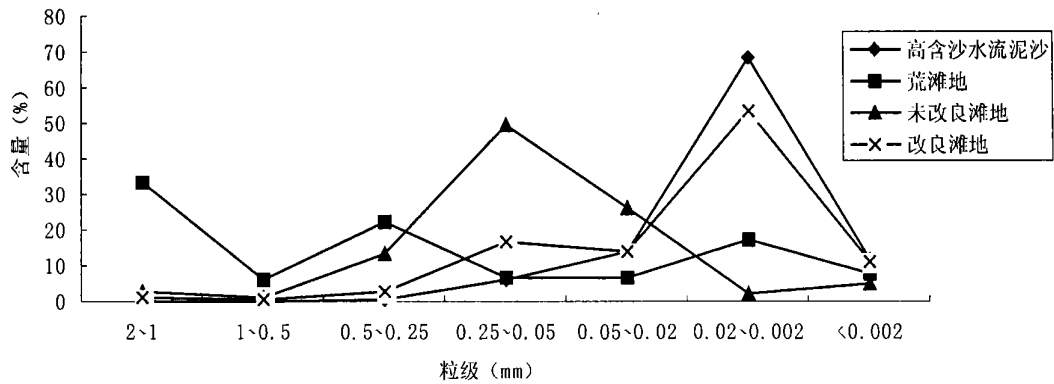


图 3 不同类型滩地土壤微团聚体分布  
Fig. 3 Soil microaggregate composition distribution of the different types waste-shoal land

表 5 不同类型滩地土壤养分特性

Table 5 The soil nutrient properties of the different types waste-shoal land

土样 类型	pH	有机质 (%)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	有效氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	有效钾 (mg/kg)
含沙水流泥沙	8.50	0.57	1.34	0.75	38.19	13.25	2.79	67.09
荒滩地	8.91	0.70	1.03	0.68	32.45	22.65	2.64	37.80
未改良滩地	8.57	0.74	2.54	0.88	33.28	36.33	13.91	33.73
改良滩地	8.40	0.98	2.46	0.69	35.58	38.37	5.34	57.42

### 3 小结与讨论

1. 蒋家沟含沙水流泥沙含量丰富, 浑水期平常水样含沙量为  $23.1 \sim 37.6 \text{ kg/m}^3$ , 雨后及泥石流暴发后水样泥沙含量分别为  $95.0 \text{ kg/m}^3$ 、 $235.7 \sim 335.1 \text{ kg/m}^3$ 。含沙水流泥沙沉降速度与泥沙含量极为相关, 平常水样泥沙沉降 2 h 后清浊界面基本稳定, 雨后及泥石流暴发后水样泥沙沉降 1 d 后基本稳定。不同含沙水流泥沙颗粒组成、微团聚体组成和养分含量基本一致, 土壤颗粒主要集中在  $< 0.02 \text{ mm}$  范围内, 含量为  $73.07\% \sim 86.58\%$ ; 微团聚体主要分布在  $0.02 \sim 0.002 \text{ mm}$ , 含量为  $54.13\% \sim 80.08\%$ ; 泥沙养分除全钾极丰富外, 其它养分含量很低。

2. 蒋家沟含沙水流泥沙对改良滩地土壤物理结构和剖面结构效果显著。通过引浑停淤改良后滩地土壤颗粒主要分布在  $0.02 \sim 0.002 \text{ mm}$ , 土壤质地由开发前的壤质砂土改良为粉质粘壤土, 土壤表土层厚度为  $25 \text{ cm}$ , 比未经引浑停淤改良的滩地表土层厚度增加  $7 \text{ cm}$ 。但因含沙水流泥沙小粒径颗粒含量极高, 如不结合有效的耕作措施和施肥方法, 土壤有可能出现“板结”现象。

3. 蒋家沟含沙水流泥沙对提高滩地土壤微团聚体数量和改善微团聚体组成比例效果显著。引浑停淤改良后滩地土壤微团聚体数量为  $95.31\%$ , 比开发前的荒滩地提高了  $56.87\%$ , 比未经引浑停淤改良的滩地提高了  $12.37\%$ ; 其微团聚体主要分布在  $0.02 \sim 0.002 \text{ mm}$ , 对增强土壤保肥蓄水功能具有重要作用, 未经引浑停淤改良的滩地土壤微团聚体主要分布在  $0.25 \sim 0.05 \text{ mm}$ , 其保肥蓄水功能相对较弱。

4. 蒋家沟含沙水流泥沙对滩地土壤养分除有效钾有一定提高外, 对其它养分状况改善很小。由于含沙水泥沙养分贫瘠, 易发生“瘦地”现象, 故对滩地进行引浑停淤改良的同时应增施有机肥, 实施配方施肥。

### 参考文献(References):

- [1] TANG Bang-xing. Debris Flow of China[M]. Beijing: Commercial Press, 2000, 1~ 115. [唐邦兴. 中国泥石流[M]. 北京: 商务印书馆, 2000, 1~ 115.]
- [2] XU Shi-guang, LI Chang-cai et al. Xiaojiang Debris Flow and Its Bottomland Exploitation in Yunnan, Southwest China[J]. *Earth Science Frontiers*, 2001, 3(2): 296~ 300 [徐世光, 李长才, 王明珠, 等. 云南小江泥石流与泥石流滩地开发[J]. 地学前缘, 2001, 3(2): 296~ 300.]
- [3] TAN Wan-pei. Debris Flow Fan Types and Land-use Models[J]. *Geography and Territorial Research*, 2000, 16(1): 71~ 75 [谭万沛. 泥石流扇的类型与土地利用模式[J]. 地理学与国土研究, 2000, 16(1): 71~ 75.]
- [4] HU Fa-de, TIAN Lian-quan. Exploitation of Debris Flow Waste-shoal Land in Jiangjia Ravine, Yunnan Province[J]. *Mountain Research*, 1997, 15(2): 114~ 118 [胡发德, 田连权. 云南蒋家沟泥石流滩地开发[J]. 山地研究, 1997, 15(2): 114~ 118.]
- [5] WU Ji-shan, KNAG Zhi-cheng, TIAN Lian-quan, et al.. Researching Debris Flow of Jiangjiagou in Yunnan Province by Observation(in Chinese)[M]. Beijing: Science Press, 1990, 1~ 241. [吴积善, 康志成, 田连权, 等. 云南蒋家沟泥石流观测研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990, 1~ 241.]
- [6] Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing Physical and Chem Analysis of Soil[M]. Shanghai: Science Technology Press, 1978, 62~ 136. [中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 62~ 136.]
- [7] LIU Guang-shong. Physical and Chem Analysis of Soil and Profile Description[M]. Beijing: Standard Press of China, 1996, 123~ 174. [刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996, 123~ 174.]
- [8] CHEN En-feng, ZHOU Li-kai, WU Guang-yun. Performances of Soil Microaggregates in Storing and Supplying Moisture and Nutrients and Role of Their Compositional Proportion in Judging Fertility Level[J]. *Acta Palologica Sinica*, 1994, 31(1): 18~ 28. [陈恩凤, 周礼恺, 武冠云. 微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评判土壤肥力的作用[J]. 土壤学报, 1994, 31(1): 18~ 28.]
- [9] CHEN En-feng, GUAN Lian-zhu, WANG Jing-kuan et al.. Compositional Proportion of Soil Characteristic Microaggregates and Soil Fertility Evaluation[J]. *Acta Palologica Sinica*, 2001, 38(1): 49~ 53. [陈恩凤, 关连珠, 汪景宽, 等. 土壤特征微团聚体的组成比例与肥力评价[J]. 土壤学报, 2001, 38(1): 49~ 53.]
- [10] ZHU Ze-xiang. Soil Science[M]. Beijing: Agriculture Press, 1983, 190~ 224. [朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1983, 190~ 224.]

# Sediment Properties of Hyperconcentrated Flow and the Improved Effects of on Debris Flow Waste-shoal Land in the Jiangjia Ravine

WANG Dao-jie , CUI Peng , ZHU Bo , WEI Fang-qiang

( *Institute of Mountain Hazards and Environment , Chinese Academy of Sciences*

& *Ministry of Water Conservancy , Chengdu 610041, China* )

**Abstract :** Debris flow waste-shoal land with irrational soil particle composition and soil profile structure is difficult to plant crop. In order to exploit the debris flow waste-shoal land, the silt properties of hyperconcentrated flow and the improved effects of the silt on waste-shoal land were studied in this paper. The results indicated that: The concentration of sediment of flow in the Jiangjia Ravine, Yunnan Province of China is  $23.1 \sim 335.1 \text{ kg/m}^3$  in rainy season. The soil particle composition of sediment is  $73.07 \sim 86.58\%$  in  $< 0.02 \text{ mm}$ , and the microaggregate is  $54.13 \sim 80.08\%$  between  $0.02 \sim 0.002 \text{ mm}$ . The soil nutrient of sediment is poor besides abundant total K. Applications of siltigation is advantageous to improve the soil particle composition and soil profile structure and soil microaggregate on the debris flow waste-shoal land, but not to improve soil nutrient. Therefore, applied organic and inorganic fertilizer and rational planted measures as well as siltigation were advantageous to improve the soil synthetic fertility and prevent the soil from hardened and emaciated.

**Key words :** Jiangjia Ravine ; hyperconcentrated flow ; siltigation ; debris flow waste-shoal land ; improvement