

# 罗坝街沟泥石流特征分析

第宝锋<sup>1</sup>, 陈宁生<sup>2</sup>, 谢万银<sup>2</sup>, 唐 军<sup>3</sup>

(1. 四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610065;

2. 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;

3. 四川省地质工程勘察院, 四川 成都 610072)

**摘 要:** 本文通过研究 1933 年、1983 年、1984 年和 1997 年四次典型泥石流活动特征并收集相关资料, 揭示了罗坝街沟泥石流活动的典型性和区域代表性。其主要特征为: ①在降雨、地震、等直接或间接因素作用下, 泥石流的暴发同降雨的频率表现出不同步性; ②谷风产生的大片类黄土堆积与滑坡体共同参与泥石流的形成; ③历史上暴发的泥石流表现出高流速、大流量; ④堆积扇形态表现为特殊的长条扭曲“葫芦状”; ⑤罗坝街沟泥石流在堆积区的运动表现为沟道的摆动性和输移的畅通性。这些鲜明特征使我们有必要对罗坝街沟泥石流作进一步研究。

**关键词:** 罗坝街沟; 泥石流; 特征

**中图分类号:** P642. 23 **文献标识码:** A

当今, 对具体流域泥石流活动的研究越来越受到人们的关注, 如云南蒋家沟, 委内瑞拉北部阿维拉山区加勒比海沿岸多条泥石流沟<sup>[1]</sup>以及尼泊尔境内的 Langtang valley 泥石流沟<sup>[2]</sup>等。对于某些高频率周期性暴发的泥石流, 人们可通过设置观测站等方式以获取更全面的泥石流资源加以研究。然而, 更多的泥石流沟因泥石流活动暴发的突然性和难以预料, 因此, 所掌握的相关资料有限, 加之地处边远山区, 对其研究较少。罗坝街沟即此类泥石流沟之一, 沟内虽未设专门的观测站, 但清晰的泥石流历史堆积特征为我们研究提供了方便, 而且泥石流活动暴发的频率与降雨的不同步性、风成堆积物与滑坡共同参与泥石流的形成等都表现出它的独特性, 因此, 很有研究价值。其次, 在黑水河流域即将修建竹格水电站, 罗坝街沟便是电站周围一条最严重的灾害性泥石流沟之一, 近年来曾连续暴发大规模的泥石流, 对电站的建设与厂址的选择有很大的影响。这使得我们有必要作进一步研究。此外, 深入研究

罗坝街沟泥石流特征, 可为岷江上游水电资源的梯级开发过程中的灾害防治提供必要的参考。

## 1 罗坝街沟流域概况

罗坝街沟(如图 1)位于四川省阿坝藏族羌族自治州中部, 即  $31^{\circ}53' \sim 32^{\circ}38' N$ ,  $102^{\circ}35' \sim 103^{\circ}30' E$  之间的黑水县境内、岷江上游的支流—黑水河左岸, 距县城 7 km。特殊的地理位置和环境条件决定了本区域泥石流活动频繁。罗坝街沟为本区内典型的现代沟道泥石流沟, 据实地调访, 自 1885 年前后至今先后曾暴发过六次规模较大的泥石流。

罗坝街沟流域面积  $18.6 \text{ km}^2$ , 主沟道长 5 475 m, 主沟道纵比降 37%, 流域最高点海拔高程 4 420 m, 沟口海拔高程 2 306 m, 相对高差 2 114 m。沟道形态呈 V 型, 流域可明显地分为泥石流清水区 ( $> 3 600 \text{ m}$ ), 形成流通区 ( $2 400 \sim 3 600 \text{ m}$ ) 和堆积区 ( $< 2 400 \text{ m}$ ), 罗坝街沟的地势由北向南倾斜, 其流水走向由北向南。流域形态为漏斗状, 最大的长

收稿日期(Received date): 2002- 10- 20; 改回日期(Accepted): 2003- 01- 05。

基金项目(Foundation item): 中国科学院西部之光人才培养计划项目“川西城镇坡地危险性评价标准与指标系统应用”。[Supported by project of “the Application of Slope Hazards Evaluation Criteria and Index System of Downtown Slope Area in West Sichuan”, the Western Light Talent Culture Project Chinese Academy of Sciences]

作者简介(Biography): 第宝锋(1978- ), 男, 甘肃庆阳地区西峰市人, 四川大学建筑与环境学院环境科学专业硕士研究生。[DI Bao-feng (1978- ), male, A Postgraduate Student of Department of Architecture and Environment, Sichuan University, Chendu 610065 China. Tel: 1305668659]

宽比为1.8,流域的完整系数为0.61,反映其汇流条件较好。流域的最大岭谷高差为1 250 m,反映了其能量条件较好。流域的周界长为18 610 m,流域的相对切割程度为0.114。罗坝街沟坡降较大,径流的

侵蚀作用较强,径流的侵蚀结果使坡面的残坡积物失稳而崩滑。这些特征也同时决定了在暴雨情况下,降水与泥石流活动的特殊表现。

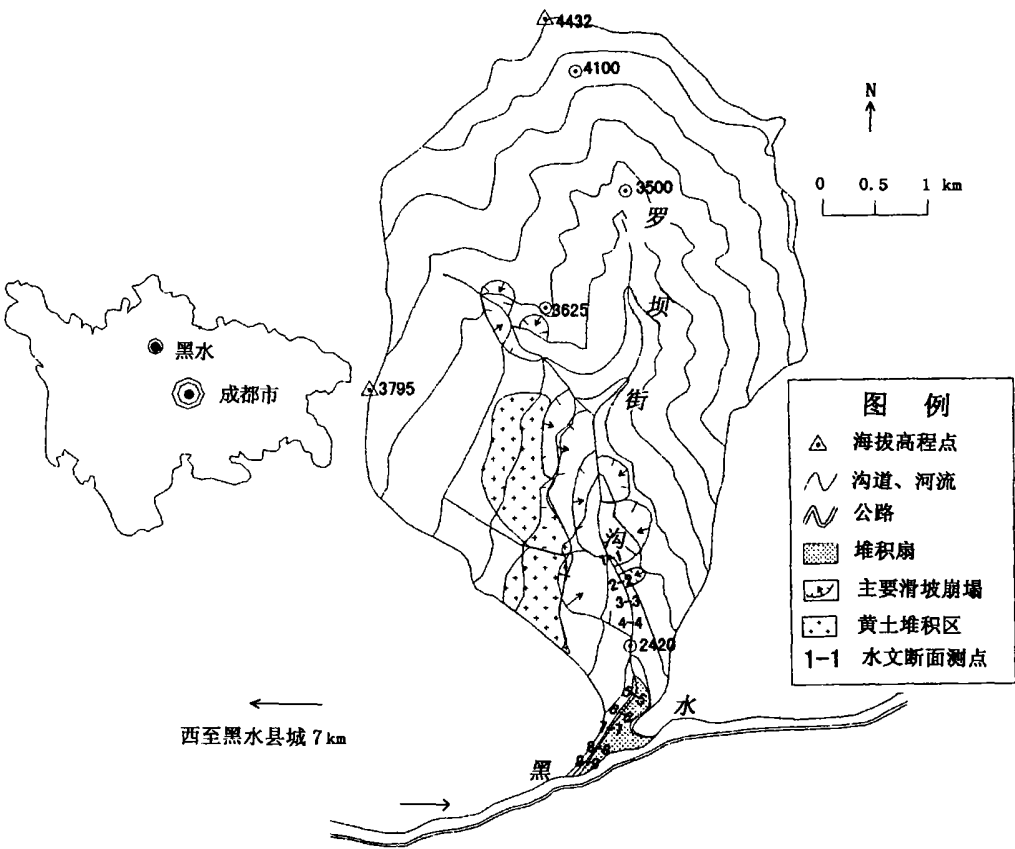


图 1 罗坝街沟流域及不良地质体分布图  
Fig. 1 Terrain and feature graph of Luobajie gully

2 泥石流特征分析

2.1 降水频率与泥石流暴发频率的不同步性

有的流域,如滇东北蒋家沟,其物源是极为丰富的(据统计该流域面积 48.6 km<sup>2</sup>,源区拥有松散固体物质数亿 m<sup>3</sup>),一旦有充足的降雨,泥石流便会暴发。又比如委内瑞拉阿维拉山北坡的多条泥石流沟,1951- 02- 15 降雨 71.8 mm,16 日又降 153.4 mm,16 日发泥石流;1999- 12- 14 降雨 120.0 mm,15 日降 380.7 mm,16 日降 410.4 mm,16 日晨发泥石流。而 1999- 12- 02 降雨 77.3 mm,3 日降雨 121.2 mm,因激发雨量小,未引发泥石流,这说明暴雨频率与泥石流暴发频率是步性发生<sup>[1,4]</sup>。但

罗坝街沟的泥石流体体现了降水与泥石流暴发的不同步性,在对实地调访的基础上,依据降雨与泥石流暴发的关系,借助黑水县气象站的降雨资料分析可知本沟 1983、1984 和 1997 年三次较典型泥石流暴发的降雨分别为 1983- 07- 20 降雨 22.8 mm,泥石流规模为百年一遇;1984- 09- 22 降雨 32.4 mm,规模为 50 a 一遇;1997- 06- 08 降雨 35 mm,规模为 25 a 一遇。泥石流的暴发时的日降雨量除 1997 年外,均不是极值雨量。相反,在 1986- 07- 03 降雨 39.3 mm,1990- 08- 18 降雨 47.4 mm,1999- 06- 16 降雨 58.7 mm,这三年的降雨量都超过了 1997 年的 35 mm,但都没暴发泥石流活动。由此可见泥石流活动与降雨表现出很大的不同步性。造成这种现象的原因是多方面的:首先,降雨激发泥石流的过

程是很复杂的,除由于降雨形式、持续时间、短历时强度不同外,地形、坡度、松散堆积物、不良地质现象发育等下垫面条件不同,也同样影响泥石流暴发,因此,泥石流的暴发同降水频率在关系上有时会表现出不同步性,即有时降雨量很大,但泥石流却未暴发<sup>[5]</sup>。此外,地震对山区山体的破坏十分强烈,有时直接引发崩塌、滑坡、滑塌和坡面泥石流,有的使山坡表层土体与基岩间松弛,形成大量松散碎屑物质,导致泥石流侵蚀作用的加强<sup>[6]</sup>。罗坝街沟流域处于 VII 度地震基本烈度区内,近 40 多年来影响本区 M>6 级灾害性地震有 6 次。从泥石流暴发的历史推断 1983 年的大规模的泥石流暴发与 1976 年松潘平武地震的促进作用相关,1933~1935 年间的大规模泥石流暴发与 1933 年茂县迭溪地震有关<sup>[7]</sup>。因此,罗坝街沟泥石流的暴发不完全直接受降雨单一因素的控制,崩滑作用及地震等突发因素也起到了很大的影响。也正是这一特点,罗坝街沟在 1985 年后的极值降雨量出现的情况下并未暴发泥石流。

2.2 风成堆积物与滑坡一同参与泥石流的形成

岷江上游地区的岩层主要为古生界陆相碎屑岩—火山碎屑岩、碳酸盐岩等建造,在长期断裂、地震、风化活动以及人为活动影响下,岩层加速风化,并且在断层破碎带发生滑坡、崩塌和溜滑等,这些过程产

生的固体物质构成了泥石流活动的主要物源<sup>[8,9]</sup>。罗坝街沟泥石流物源除此类岩石碎屑物、风化物之外,最主要来自于沟谷两岸的滑坡崩塌体和坡面上的风成类黄土堆积物。在罗坝街沟,滑坡崩塌物主要提供泥石流粗颗粒,而泥石流中的细颗粒含量主要来自沟谷坡面上的风成类黄土堆积。通过实地考察可知,沟内共有滑坡 10 处(见附图(1)),总计滑坡土源方量为  $5\,756.5 \times 10^4\text{ m}^3$ 。流域的类黄土堆积大都集中于倾向罗坝街沟下游的山坡,且大部分已开发为农耕地,从其颗粒的特征分析可知,该类土体颗粒级配组成相对单一,以粉粒和细砂为主,从其分布、表面特征和本区山谷风的特征推断,该类黄土堆积为风成堆积。在罗坝街沟的左岸实测风成堆积的类黄土层厚度为 2.24 m,可用此厚度代表工作区内的风成类黄土的厚度计算其堆积物的方量。依此方法,在填绘本区类黄土堆积面积  $1\,195\,619\text{ m}^2$  的基础上,估算风成类黄土松散固体物质为  $267.8 \times 10^4\text{ m}^3$ 。通过取样(60 mm 颗粒)分析(图 2)可知风成堆积物的组成中,粉粒和粘粒的含量较高达 14%,而砾石组分较低,仅占 13%。而崩滑体的颗粒级配粘粒组分相对较少,<0.005 mm 的粘粒含量占 3.1%~3.4%,但其土体的砾石组分达 69%。

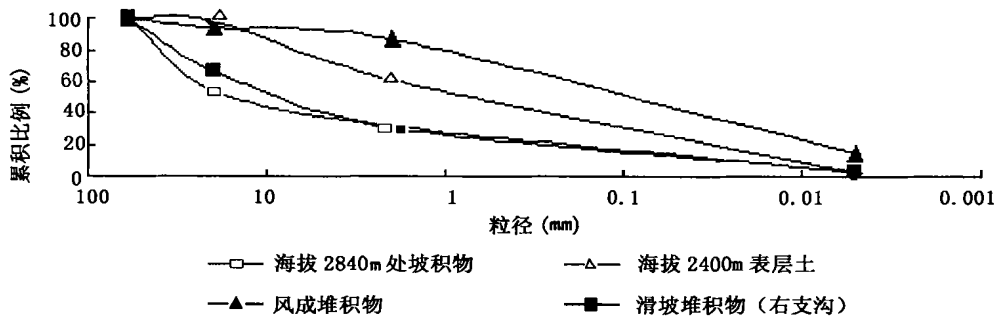


图 2 罗坝街沟土源颗粒大小累计比例曲线图

Fig. 2 Size distribution curve of soil in origin area of Luobajie gully

综上所述,罗坝街沟类黄土堆积物和滑坡崩塌体共同参与了泥石流的形成,且该沟流域内的松散固体物质总量为约为  $5\,802.43 \times 10^4\text{ m}^3$ ,显示其物源较丰富。

2.3 流速流量特征

泥石流流速与流量特征是泥石流动力学性质中最为重要的参数,也是泥石流防治工程设计不可缺少的参数。

2.3.1 流速的计算方法

综合分析国内外的泥石流流速计算方法,选择 2 种方法进行泥石流的流速计算。

1. 王继康公式法<sup>[10]</sup>

王继康公式法以我国西南、西北五条典型粘性泥石流的多年观测资料为基础,以成昆、东川铁路干线特大粘性泥石流灾害资料为控制,并与成昆铁路线的十年专项整治工程相结合,加上数以百计的泥

石流工程的实践检验证明,效果较好。其公式为

$$V=K_c\cdot H_c^{2/3}\cdot i^{1/5}\tag{1}$$

式中  $V$  为粘性泥石流断面平均流速, m/s;  $H_c$  为泥石流泥深或水力半径  $R_c$ , m;  $i$  为泥石流表面(或沟床)坡度,无量纲;  $K_c$  为粘性泥石流流速系数,按下表确定之(表 1)。

表 1 王继康公式法相关的参数  $K_c$  的取值  
Table 1 The data of  $K_c$  in Wangjiakang Caculation Formula

$H_c$ (m)	< 2. 50	2. 75	3. 00	3. 50	4. 00	4. 50	5. 00	> 5. 50
$K_c$	10. 0	9. 5	9. 0	8. 0	7. 0	6. 0	5. 0	4. 0

2. 3. 2 理论计算方法<sup>[11]</sup>

理论方法是把粘性泥石流看成宾汉流体(亦称粘塑性流体),它是带流核的具有层流性质的流体,从求解宾汉方程出发,导出著名的白金汉方程,得出粘性泥石流的平均流速和阻力计算公式。引用有效雷诺数概念,实现简化计算,即

$$V=0.073\frac{\tau_B}{\eta}R\tag{2}$$

式中  $\eta$  为泥石流流体刚性系数,  $10^{-5}\text{N}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ ;  
 $\tau_B$  为泥石流流体屈服应力,  $10^{-5}\text{N}/\text{cm}^2$ ;  
 $R$  为泥石流水力半径, m。

该式是一种有条件的简化计算方法,并得到云南东川蒋家沟的多年野外观测资料和美国加州大学 Davis 分校实验室资料的验证而证明它是一种计算平均流速的好方法。

罗坝街沟 1933、1983、1984 年和 1997 年泥石流痕迹都十分清晰,我们进行了测量而获得其基本数据,如断面积(如图 1)、水力半径、比降等,我们采用公式(1)、(2)计算其断面平均流速值,详见表 2。

值得说明的是,使用公式时,其流变参数  $\eta$  和  $\tau_B$  值,我们是根据罗坝街沟样品分析资料和泥石流特征,与我们曾用大型砂浆流变仪进行过详细测量

表 2 罗坝街沟泥石流流速与流量计算值一览表  
Table 2 The velocity and discharge of debris flow in Luobajie Gully

断面	年代	过流断面积 m <sup>2</sup>	水力半径 m	比降 %	流速 <sup>*</sup>		流量	
					1	2	1	2
断面 1	1933	91. 4	3. 3	15. 9	12. 3	10. 3	1124	941
	1983	69. 3	3. 0	15. 9	13. 0	9. 4	901	651
断面 2	1933	135. 5	4. 1	11. 6	10. 0	12. 8	1355	1734
	1983	97. 9	3. 4	11. 6	10. 3	10. 6	1008	1038
	1984	46. 8	2. 13	11. 6	10. 7	6. 6	500	309
断面 3	1933	227. 6	4. 82	12. 6	9. 5	15. 1	2162	3437
	1983	107. 9	2. 73	12. 6	11. 7	8. 5	1284	917
	1984	31. 7	1. 60	12. 6	9. 1	5. 0	288	158
断面 4	1933	220	4. 20	15. 8	10. 8	13. 1	2376	2882
	1983	105. 9	2. 60	15. 8	11. 8	8. 1	1249	858
断面 5	1984	75. 9	2. 9	15. 8	12. 6	9. 1	956	691
	1997	18. 2	1. 7	15. 1	9. 8	5. 3	178	97
断面 6	1997	17. 7	1. 01	13. 4	6. 7	3. 2	119	60
断面 7	1997	27	1. 43	11. 6	8. 3	4. 5	223	121
断面 8	1997	24	1. 45	11. 6	8. 3	4. 6	200	110
断面 9	1997	19. 6	1. 12	11. 6	7. 0	3. 5	137	68

\* 1 为王继康公式; 2 为理论公式。

的云南东川达德沟相比较,而选用

$$\eta = 5.0 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{s} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b = 1.5 \times 10^{-2} \text{ N} / \text{cm}^2$$

经计算可知 1933 年泥石流洪峰流量超过百年一遇,最大达  $3\,000 \text{ m}^3/\text{s}$  左右,1983 年在  $1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$  左右,1984 年则  $> 1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ,而 1997 年则仅为  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  左右。可见不同年份不同断面其流速值和流量值都有较大的差别,这也反映了泥石流高流速、大流量和不稳定和不均匀的运动特征。

## 2.4 堆积特征

罗坝街沟泥石流堆积扇有着独特的形态(见图 2)。即类似于一个弯曲的“葫芦状”,堆积扇面积较大,约  $0.42 \text{ km}^2$ 。堆积扇上沟道长且窄,其长度从泥石流的出山口到距黑水河有近  $2 \text{ km}$ ,流通沟道宽多变化于  $8 \sim 15 \text{ m}$ ,且沟道在出山口的坡度较小,沟床流通性能较好,使泥石流在堆积区的运动表现为

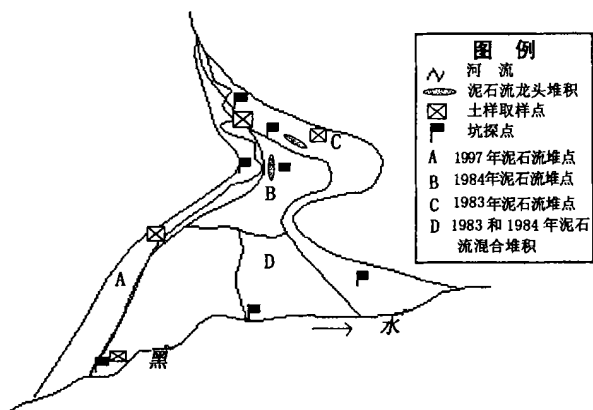


图 3 罗坝街沟泥石流堆积扇示意图

Fig. 3 Feature of the debris flow fan of Loubajie ravine

沟道的摆动性和输移的畅通性。从整个堆积扇的形状和组分来看,可以比较清楚区分出 1983、1984、1997 年的泥石流堆积物,此类泥石流堆积特征可以为泥石流沉积物的精确计算及水电站的受命、未来泥石流活动的预测提供可靠依据<sup>[12]</sup>。通过调查计算知:1983 年泥石流堆积在沟谷的左岸,堆积体积为  $417\,757.2 \text{ m}^3$ ;1984 年的泥石流堆积在沟谷中部,堆积体积为  $287\,270.5 \text{ m}^3$ ;1997 年泥石流堆积在堆积扇的右侧,体积为  $98\,023.8 \text{ m}^3$ 。由堆积扇的特征可知 1983 年和 1984 年的泥石流部分固体物质输移到黑水河主河道,通过测量黑水河边 1983 年和 1984 年混合堆积剖面,得出进入黑水河的泥沙量为  $4\,367 \text{ m}^3$ ,其中 1984 年为  $3\,057 \text{ m}^3$ ,1983 年为  $1\,310 \text{ m}^3$ 。从以上几次泥石流堆积物来看,罗坝街沟泥石

流属于大规模的阵性泥石流。

经过实地勘测(见表 3),从泥石流堆积物的颗粒组成可知,泥石流的粘粒组分较大,占总重量的 5% 左右,而且  $> 2 \text{ mm}$  的颗粒组分也较大,一般在 50~60% 之间。龙尾的泥石流堆积细颗粒相对较多,而龙头则巨大颗粒相对集中。此外在堆积扇上还可可见直径  $> 4 \text{ m}$  的砂岩和大块石块构成的“石墙”,即泥石流侧积堤。较老的泥石流粘粒成分含量普遍较低,与表土层的侵蚀有关。一定的粘粒含量和较大的砾石组分量构成了该沟泥石流的高容重、高粘度的粘性泥石流的基本特征。

## 2.5 泥石流与主河的关系

泥石流与主河的关系一般分为堵河型的泥石流、堵塞型泥石流和不堵河型泥石流<sup>[13,14]</sup>。罗坝街沟泥石流属于不堵河型的泥石流。其原因有以下几点:首先,据我们实地调查当地的老乡知道,罗坝街沟从来没有出现过堵塞黑水河的记录,1983 百年一遇的泥石流也只是少量的泥沙进入黑水。其次,罗坝街沟长且缓的沟道以及面积较大的堆积扇有足够的空间容纳大规模的泥石流堆积物,在罗坝街扇形的中上部有一个较大的弯道,这对泥石流的消能起到很大的作用。所以 1983、1984 年大规模的泥石流爆发后,其泥石流流体到出山口后其动能大大的减小,流体中的大块的砾石由于能量不足停留在扇形地的中部,其后的物质也逐步停留在其上部,形成侧积堤,仅有少量的泥沙随流水进入主河,故不会对黑水河造成较大的影响。第三,从黑水河边的 1983、1984 年泥石流的堆积体厚度仅为  $15 \text{ cm}$  来计算,进黑水河的固体物质仅有  $4\,367 \text{ m}^3$ ,占固体物质总量的 0.3%~1%。所以,罗坝街沟泥石流属于不堵河型的泥石流。从现在的沟道扇形地分析,还有足够的地方来容纳规模较大的固体物质,只要因势利导,堆积扇中部的弯道处的大肚腹就是天然的停淤场。所以罗坝街的泥石流今后不会对黑水河和下游的水电站库区造成大的影响。

## 4 结论

罗坝街沟泥石流的特征主要表现在以下几方面:

1. 在降雨、地震、等直接或间接因素作用下,泥石流的暴发同降雨的频率表现出不同步性;
2. 山谷风成的大片类黄土堆积与滑坡体共同参与泥石流的形成;

表 3 罗坝街沟泥石流堆积物颗粒大小组成分析结果表

Table 3 Analysis of grain size and composition of debris flow in Luobajie gully

样品编号及取样点位置		各粒径颗粒的重量含量(%)						
		< 0. 002	0. 002~ 0. 005	0. 005~ 0. 05	0. 05~ 2	2~ 20	20~ 60	> 60
1	1984年泥石流堆积	2. 031	2. 407	11. 357	35. 840	23. 492	13. 265	11. 608
2	1984年泥石流岸缘堆积	3. 690	3. 690	17. 487	29. 342	26. 060	19. 731	
3	1983年泥石流岸缘堆积	1. 299	2. 309	15. 373	24. 326	17. 023	39. 670	
4	解放前泥石流岸缘堆积	0. 901	0. 933	6. 807	16. 553	55. 664	19. 142	
5	1983年泥石流堆积龙头坑探	2. 598	2. 839	6. 110	23. 346	15. 082	24. 568	25. 457
6	老泥石流岸缘堆积	2. 650	3. 313	23. 412	54. 157	14. 529	1. 939	
7	1984年泥石流龙头堆积坑探	1. 998	2. 046	10. 085	21. 190	14. 477	23. 851	26. 353
8	1983年泥石流尾部堆积	3. 590	4. 603	21. 357	40. 286	25. 589	4. 575	
9	老泥石流堆积坑探样	1. 852	2. 381	11. 070	21. 751	17. 076	6. 298	39. 572
10	1997年泥石流侧积	2. 625	2. 339	15. 635	22. 927	19. 126	7. 395	29. 953
11	1997年泥石流堆积坑探样	2. 603	2. 648	12. 876	20. 322	17. 797	13. 054	30. 700

3. 历史上暴发的泥石流表现出高流速、大流量;
4. 堆积扇形态表现为特殊的长条扭曲“葫芦状”;
5. 罗坝街沟泥石流在堆积区的运动表现为沟道的摆动性和输移的畅通性。且扭曲的“葫芦状”堆积扇形态及清晰的泥石流历史堆积物决定了罗坝街沟泥石流属于不堵河型泥石流。
- 对于罗坝街沟这类泥石流沟,物源主要来自于

滑坡和风成堆积,如果要防治,则首先要有效地控制滑坡的发育。并对突发性的泥石流事件也需足够的重视,因而首先在流域内要严格执行水土保持法,改善河谷生态环境;其次,在沟床内基岩稳固的地区修建拦挡坝,以抬高沟床侵蚀基准,稳定沟床,防止滑坡进一步滑动。在出山口处利用现在的老泥石流石墙、石堤修建停淤场,使石砾不直进到下游以造成更大的伤害等。

参考文献 (References):

[1] Francisco L. Perez. Matrix granulometry of catastrophic debris flows (December 1999) in central coastal Venezuela. *Catena*, 2001, 45: 163~ 183.

[2] Teiji Watanabe, Liu Dali, Takayuki Shiraiwa. Slope denudation and the supply of debris to cones in Langtang Himal, Central Nepal Himalaya. *Geomorphology* 1998, 26: 185~ 197.

[3] Wu Jishan, Kang Zhi cheng, Tian Lianquan. Debris flows observation and research in Jiangjia gully, Dongchuan, Yunnan Province. Science Press, 1990. 18~ 190. [吴积善,康志成,田连权,等.云南东川蒋家沟泥石流观测研究[M].北京:科学出版社,1990.18~190]

[4] Xie Hong, Wei Fang-qiang, Li Yong, Chen Xiao-qing, Cui Peng. Debris flows running into sea on north slope of Avila Mountain in Venezuela in 1999. *Journal of Natural Disasters*, 2002. 11(1): 117 ~ 122. [谢洪,韦方强,李泳,等.1999年委内瑞拉阿维拉山北坡入海型泥石流[J].自然灾害学报,2002,11(1):117~122]

[5] Wei Jinglian, Zhao Bo, Dong Guizhi. Analysis on the rainfall characteristics and the rainfall forecast in connection with the mudflow in mountainous terrain of Beijing. *Geology of Beijing*, 1995, 1: 10~ 17. [韦京莲,赵波,董桂芝.北京山区泥石流降雪特征分析及降雨预报初探[J].北京地质,1995,(1):10~17]

[6] Institute of Mountain Disasters & Environment of Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy. Debris flows in China. Beijing: Commercial Press, 2000. 15~ 42. [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所.中国泥石流[M].北京:商务印书馆,2000.15~42.]

[7] Chen Ning-Sheng, Chen ingbo, et al. Different scale Debris Flow Frequency for Limited Triggering Earth-Luobajie Debris Flow Gully as cas study. In: Researchs on Mountain Disasters and Environment protection across Taiwan strait (volume 3). Chengdu: Sichuan Science and Technology Press. [陈宁生,陈清波,等.有限物源流域不同规模的泥石流频率分析[A].见:第三届海峡两岸山地灾害与环境保育研究(第三卷)[C],成都:四川科学技术出版社,2002.7.]

[8] Tang Bang-xing, liu Su-qing. The research of debris flow and its control in Aba municipality, Sichuan Province Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1993: 10. [唐邦兴,柳素清.四川省

- 阿坝藏族羌族自治州泥石流及其防治研究[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 10]
- [9] Bao Weikai, Wang Cunming, Degradation mechanism of mountain ecosystem at the dry valley in the upper reaches of the Minjing river *Journal of Mountain Science*, 2000, **18**(1): 57~ 62. [包维楷, 王春明. 岷江上游山地生态系统的退化机制[J]. 山地学报, 2000, **18**(1): 57~ 62]
- [10] Wang Jikang. Techniques for debris flows control. China Railway Press. 1996, 61. [王继康. 泥石流防治工程技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1996. 61.]
- [11] Zhang Shucheng, Analysis of velocity and resistance of viscous debris flow. In: Landslide and Debris Flow Research Meeting, Guansu. Proceedings of the 4th National Symposium on Debris Flow. Lanzhou: Culture Press of Guansu, 1994. 319~ 323. [章书成. 粘性泥石流流速和阻力分析[A]. 见: 甘肃省滑坡泥石流研究会. 第四届全国泥石流学术讨论会论文集[C]. 兰州: 甘肃文化出版社. 1994, 319~ 323.]
- [12] Lewis A. Owen, Milap C. Sharma Rates and magnitudes of paraglacial fan formation in the Garhwal Himalaya: implications for landscape evolution. *Geomorphology*, 1998, **26**: 171~ 184.
- [13] Chen Deming, Wang Zhaoyin, He Yun. Experimental study on the fluvial process of debris flow discharging into a river. *Journal of Sediment Research*, 2002, (3): 22~ 28. [陈德明, 王兆印, 何耘. 泥石流入汇对河流影响的实验研究[J]. 泥沙研究, 2002, (3): 22~ 28]
- [14] Lian Zhiyong, Liu Xia, Xu Yongnian. The influence to the riverbed environment of debris flow ingress. *Journal of Natural Disasters*. [梁志勇, 刘 峡, 徐永年, 等. 泥石流入汇对泥石流河床演变的影响[J]. 自然灾害学报, 2001, **10**(1): 45~ 50]

## Character Analysis of Debris Flow in Luobajie Gully

DI Bao-feng<sup>1</sup>, CHEN Ning-sheng<sup>2</sup>, XIE Wan-ying<sup>2</sup>, and TANG Jun<sup>3</sup>

(1. Department of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065 China;

2. Institute of Mountain Disasters & Environment of Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041 China;

3. Sichuan Institute of Geological Engineering Investigation, 610072 China)

**Abstract:** This article studied the main characters of debris flow in Luobajie gully. Applying the debris flows of Luobajie gully in 1933, 1983, 1984 and 1997 as study cases, we analyze the basin characters and the debris flow basic nature. It is found that the debris flow appears some special characters: ①Frequency of debris flow in Luobajie gully is different from the frequency of local precipitation because of the synthesized effects of the rainfall, earthquake, etc; ②Under the influence of the gully wind, there is filled with lots of wind-accumulated deposit which triggers the form of debris flow with landslides; ③Reviewing the history of debris flow of Luobajie gully, all contain the characteristics of the high current velocity and big discharge; ④The shape of debris flow fan looks like distorted calabash; ⑤The movement of the debris flow appears the swing and smooth characters in the debris flow pan. So, all the clear characteristic of debris flow in Luobajie gully is necessity to us to make further research.

**Key words:** Luobajie gully; debris flow; character