

滇东北蒋家沟粘性泥石流堆积地貌*

田 连 权

(中国科学院东川泥石流观测研究站)

提 要 据成因,把泥石流堆积地貌分为自然堆积地貌和人为堆积地貌。据堆积过程,把自然泥石流堆积地貌分为古泥石流台地、老泥石流台地和近代泥石流长柄扇。据建筑物引起的堆积形态,把人为堆积地貌分为泥石流堆积扇(锥)、回淤泥砾滩、侧积泥砾堤和堰塞洼地。

关键词 滇东北 蒋家沟 粘性泥石流 堆积地貌

蒋家沟频频暴发粘性泥石流,每年冲出物方量达数百万立方米,生成一系列泥石流堆积地貌,对此阐述如下。

一、泥石流堆积地貌的分类

(一)据堆积地貌成因所作的分类

这分为:1. 自然泥石流在天然沟道内和沟口堆积而成地貌,叫做泥石流自然堆积地貌;2. 自然泥石流或人为泥石流在人工沟道和在建有各种防治建筑物的天然沟道内堆积而成的地貌,称为泥石流人为堆积地貌。

(二)据泥石流堆积形态所作的分类

这大体上可分为:1. 沟口扇(锥),其长(扇面平均半径)宽(扇地前缘宽度)比 ≤ 1 ,纵坡 $3^\circ - 15^\circ$,易遭后续流(泥石流和水流)局部冲淤而发生变化;2. 沟内滩,其长宽比 > 1 ,纵坡与沟口扇(锥)纵坡的变幅大体一致,易遭后续流体侵蚀,稳定性较差。在各级沟道内,沟口扇(锥)和沟内滩各自又有不同特征(如切沟沟口仅有泥石流堆积锥,缺沟内滩;冲沟沟口扇规模较小,沟内滩规模较大)。随着时间的推移,沟口扇和沟内滩可连接成一个整体,成带柄的泥石流扇(如蒋家沟近代扇)。

(三)据泥石流堆积先后所作的分类

这分为:1. 古泥石流台地;2. 老泥石流台地;3. 近代泥石流长柄扇(后文简称近代长柄扇)。

二、泥石流自然堆积地貌(图1)

1965年以前,蒋家沟流域还未修建泥石流防治建筑物,泥石流堆积地貌均属泥石流自然堆积地貌。其有下面三个类型。

* 国家自然科学基金资助项目之一。

本文改回日期:1991-04-19

(一) 古泥石流台地

该类台地分布于蒋家沟干支流谷地内,即大地台地(海拔 2100 米)、多照台地(1900—2100 米)、老农田台地(1400—1600 米)、泥得坪台地(1300—1400 米)、紫牛台地(1200—1400 米)、新街台地(1500 米)等。它们在未遭切割前相连成一个古泥石流长柄扇(后文简称古长柄扇),为 100 年前蒋家沟流域聚落和农田集中分布处。古长柄扇扇顶位于老农田台地附近,扇区面积 14.9 平方公里,扇柄由干流内、门前沟内和多照沟内三个泥砾滩组成,三者的面积依次为 0.7, 1.8, 2.4 平方公里。因而这个古长柄扇面积达 19.8 平方公里,占蒋家沟流域面积的 40.7%。它的扇柄(古沟内滩)长度仅计干流内与多照沟内二个泥砾滩的长度就有 7.0 公里(因多照沟为蒋家沟正源),这大于古沟口扇的扇面平均半径(后者为 3.6 公里)。

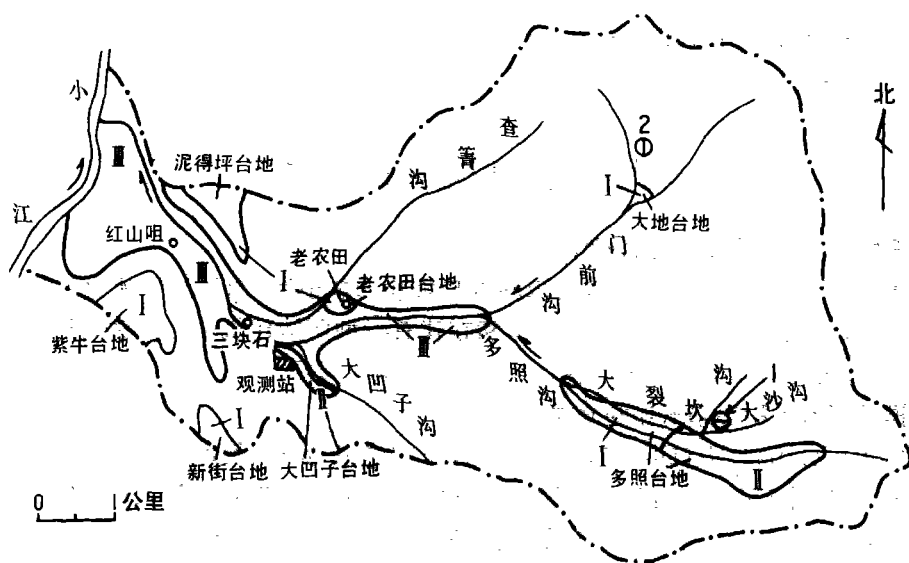


图1 蒋家沟泥石流自然堆积地貌

Fig. 1 Natural deposit geomorphologic map of debris flow in the Jiangjia Basin

I. 古泥石流台地; II. 老泥石流台地; III. 近代泥石流长柄扇。1. 泥炭取样点; 2. 炭化木取样点

目前古泥石流台地高出现代沟床的高度由上游向下游递增:多照台地 10—100 米,老农田台地、泥得坪台地 200 米。古泥石流台地为基座台地。构成基座的岩层有前震旦系浅变质岩系(昆阳群),上二叠统峨眉山玄武岩和下寒武统(鱼户村组)含磷层等。

古泥石流台地堆积物厚度由上游向下游变厚:多照台地 20—50 米,老农田台地 100 米,泥得坪台地 180 米。古长柄扇堆积方量 9.89 亿立方米,其中沟口扇堆积方量 8.94 亿立方米。

古泥石流台地原始地面坡度从上游向下游变缓,且略缓于相应的现代沟床纵坡。比如,多照台地原始地面坡度 9.0° ,其附近的现代沟床纵坡约 10.0° ,1965 年建拦沙坝群以

来沟床纵坡减缓至 9.0° ; 泥得坪台地原始地面纵坡 3.0° , 邻近的现代沟床纵坡 3.3° 。

古泥石流台地堆积物显然属粘性泥石流堆积物^[1]。比如,多照台地古泥石流堆积剖面内可见,堆积物结构紧实,天然容重 > 1.80 吨/立方米,孔隙度 $\leq 30.0\%$,开挖剖面时紧实感强,主要为泥砾相,多直立的石块、漂砾(粒径 > 0.5 米),定向性差,大小颗粒被泥膜包裹或泥质物充填粒间孔隙,层内孔隙小而呈封闭状,层厚 < 50 米。古泥石流堆积层上覆老泥石流堆积层,两者接触关系呈假整合。剖面顶部夹 4 层泥炭层,层厚 5—20 厘米,层内多角砾、岩屑等,且被黑色、深灰色泥质物包裹或分隔。泥炭层产于大沙沟与大裂坎沟汇合处差异堆积而成的洼地内,呈透镜状。

古泥石流台地堆积物内粗粒(粒径 > 2.0 毫米)含量 $39.3\sim 51.9\%$,细粒(粒径 < 0.1 毫米)含量 $17.7\sim 23.5\%$,沙粒(粒径 $0.1\sim 2.0$ 毫米)含量 $19.2\sim 30.4\%$ 。与老泥石流台地堆积物和近代长柄扇堆积物相比,古泥石流台地堆积物的粗粒含量要少些,细粒含量要多些^[1]。

古泥石流台地堆积剖面内呈现石线构造。它系由泥石流流体挟带的震旦系白云岩漂砾堆积而成,从上游多照台地经老农田台地抵泥得坪台地均有产出。与老泥石流台地堆积物和近代长柄扇堆积物相比,古泥石流台地堆积物内的石线构造要明显些,漂砾数量要多些,粒径要大些。据此推断,当时门前沟源地残存着震旦系白云岩。

多照台地古泥石流堆积剖面内泥炭¹⁴C 年龄数据表明,古泥石流台地表层堆积物的时代为距今 1.7 万—1.1 万年^[1],即表层堆积物至少为晚更新世晚期堆积而成。再则大地台地附近古泥石流层内炭化木¹⁴C 年龄数据亦为距今 1.1 万年。这表明当时蒋家沟古泥石流处于强烈堆积时期。又据攀西地区第四纪地质研究成果^[2],中更新世金沙江下游处于强烈风化期和河流强烈侵蚀期,故古泥石流台地堆积下限时代可定为晚更新世早期。由此可见,蒋家沟古泥石流台地堆积时代大体为晚更新世。至于晚更新世起始年代,各家说法不一,这对古泥石流台地堆积速度定得就不同:有的按距今 14 万年计,则古泥石流台地的堆积速度 7064 立方米/年;有的按距今 24 万年计^[3],则其堆积速度 3708 立方米/年。

古泥石流台地堆积较早,压实得较紧密,中下游干热谷地内盐结晶化较显著,结构强度较高,因而古泥石流台地边缘稳定坡度可达 45° 。

(二) 老泥石流台地

此类台地有大凹子台地和多照台地中、上部。在大凹子台地老泥石流堆积剖面上可见二三层底(或表)泥层,各层层厚约 1—3 厘米,几乎由粉沙及粘粒组成,呈薄层状产出,顺岸延伸 20—100 米。与古泥石流台地堆积层相比,老泥石流台地堆积层较疏松,但又较近代长柄扇泥石流堆积层紧实。老泥石流台地堆积物天然容重 1.78 吨/立方米,孔隙度 34.2%,粗粒含量达 69.1%,细粒含量仅 14.6%。上述二个台地老泥石流堆积层均属泥砾相,既无层次,又无分选,层厚 3—20 米,下伏古泥石流堆积层(在多照台地)或下伏前震旦系浅变质岩系(在大凹子台地)。该类台地的形成时代可能为全新世(距今 1.1 万—0.1 万)^[1]。

(三) 近代长柄扇(照片 1)¹⁾

1) 本文照片见扉页图版 I。

它的沟口扇顶位于红山咀附近,扇顶角 100.0° , 扇面坡度约 3.0° , 扇面平均半径 1.6 公里, 面积 2.6 平方公里; 扇柄为门前沟沟口—红山咀的沟内滩, 长 5.0 公里, 坡度 3.5° — 5.0° , 面积 1.4 平方公里。长柄扇面积共 4.0 平方公里, 表面平整, 但也有少量箱形谷地或阶梯形谷地; 这两类谷地在扇柄区较深窄, 在沟口扇区较宽浅而呈放射状。长柄扇的组成物质主要为粘性泥石流堆积物, 垂直剖面上还可见夹有冲积砂砾层或稀性泥石流堆积层。后两者的厚度与长柄扇堆积层厚度的比值从上游向下游递减: 门前沟沟口附近 $1/3$ — $1/2$, 观测站处不足 $1/10$, 沟口扇区更小。由此可见, 蒋家沟近代长柄扇亦由粘性泥石流堆积而成。它的形成时代有待确定, 估计是距今 1000 年以内。

三、泥石流人为堆积地貌(图 2)

1965 年以来, 蒋家沟内建有若干泥石流防治建筑物, 包括导流堤(1965 年)、挑流堤(1985 年)、拦淤堤(1975 年)和拦沙坝(1967—1982 年)等。沟道内在这些建筑物的影响下, 加之近代长柄扇又经后期改造, 因而出现了各类泥石流人为堆积地貌。

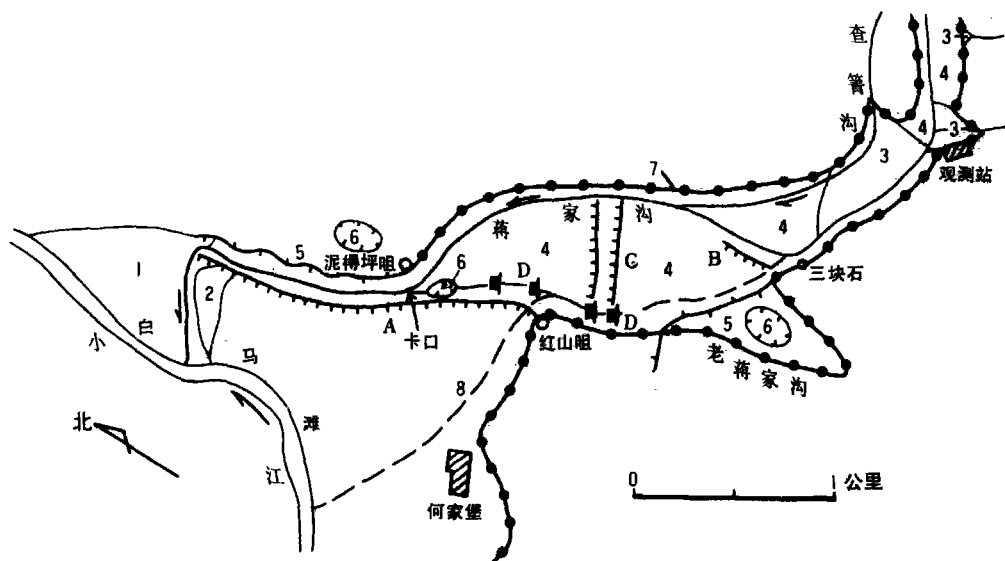


图 2 蒋家沟泥石流人为堆积地貌

Fig. 2 Mortal deposit geomorphic map of debris flow in the Jiangjia Basin

泥石流防治建筑物: A. 导流堤; B. 挑流堤; C. 拦淤堤; D. 拦沙坝。

泥石流人为堆积地貌: 1. 堤尾扇; 2. 溃口扇; 3. 支沟扇(锥); 4. 回淤泥砾滩;

5. 侧积泥砾堤; 6. 堰塞洼地; 7. 滩缘坡麓线; 8. 故道

(一)堤尾扇(图 2 内的 1, 又称堤尾泥砾扇)

这是 1965 年导流堤建成后逐渐出现的。至 1989 年仍呈现有内叠于堤尾扇中的一个

沟口扇(它由小江低水位时堆积而成,高相差二三米)。1990年暴发的泥石流淤埋了沟口扇,使堤尾扇成为一个整体。扇顶位于导流堤堤尾,扇顶角 110.0° ,扇面平均半径1.0公里,面积1.0平方公里,表面平整。沟床宽缓,沟床底部被水流刷深,在冲刷粘性泥石流堆积层过程中,细粒物质被水流挟带走后,便成为冲积沙砾层。沟床水路呈辫状,游荡性强。遇粘性泥石流过境,冲积沙砾层或被冲走,或被改造成泥石流堆积层。比如,1989年首场泥石流(5月初的一个夜晚)淤埋了在卡口沟床上过夜的1名工人。因此堤尾扇剖面上所见,只有粘性泥石流堆积层,缺失冲积沙砾层(又称冲刷层)和稀性泥石流堆积层。

在粘性泥石流堆积体脱水-固化过程中,可呈现二组龟裂隙,一组垂直流向,一组平行流向,前者分布于大面积泥砾扇区,后者沿沟两岸低位泥砾滩分布。龟裂隙呈楔形,深5—10厘米,宽1—3厘米。经二三年后,龟裂隙被堤尾扇扇面雨水径流挟带来的泥质物所填满而消失。与此同时,堤尾扇扇面上包裹石块上面的泥膜遭水流冲洗后,扇面就成砾质滩,宛如荒漠区的戈壁滩;石块底面及其以下石块仍被泥膜所包裹,或粒间充满泥质物。

(二)溃口扇(图2内的2,又称溃口泥砾扇)

此系1989年5月初一次泥石流冲决导流堤后堆积而成的,堆积厚度20—50厘米。1990年该导流堤决口被堵塞,溃口扇停止发育。

(三)支沟扇[(锥);图2内的3,全称为库内支沟沟口泥石流泥砾堆积扇(锥)]

这类扇有二类,即溪沟扇和切沟锥。

1. 溪沟扇(全称为库内溪沟沟口泥石流泥砾堆积扇)

沟内建筑物回淤泥砾滩区有二个溪沟扇,即查箐沟沟口扇和大凹子沟沟口扇。

1) 查箐沟沟口扇(照片2)

该扇由粘性泥石流堆积而成,发展迅速。1965年前尚未出现,至1972年发展成堤状扇,1975年拦淤堤建成后得以迅速发展,尤其在1982年导流堤内沟道建造拦沙坝群后,发展更为迅速,现已成为一个较完整的沟口扇。这扇扇顶位于泥得坪引水渠过沟处附近,扇顶角 90.0° ,扇面平均半径430米,面积0.14平方公里。泥石流规模小时,沿扇区右缘坡麓线下泄,于其前缘逐渐堆积成新泥砾扇,富余流体注入蒋家沟,规模较大时,泥石流从扇区中部及西部下泄,沿途堆积成新泥砾滩,余下的泥石流汇入干流。可见,该扇仍处于强烈堆积阶段。

2) 大凹子沟沟口扇(照片3)

该扇形成时间较查箐沟沟口扇形成时间为晚,于1980年后才得以发展,1982年在导流堤沟道内建造拦沙坝群后,发展更为迅速。该扇扇顶位于观测站东边,扇顶角 60.0° ,扇面平均半径230米,面积2.8公顷,亦由粘性泥石流堆积而成。扇顶与沟内滩相接。沟内滩长100余米,小于扇面平均半径,故可称为短柄扇。

2. 切沟锥(全称为库内切沟沟口泥石流泥砾堆积锥)

由于溪沟扇上游干流泥石流回淤泥砾滩的宽度不断增加和干流泥石流沟道远离坡麓线,两岸谷坡上切沟沟口便呈现出众多泥石流泥砾堆积锥。这类锥体从观测站到门前沟沟口,约有数十个。它不同于泥石流堆积扇之处有二:一为锥面地表坡度陡, 5° — 15° ;二为锥体组成物除粘性泥石流堆积物外,还有水石流堆积物和少量重力堆积物,故颗粒较粗

大,地表起伏亦较大。

(四)回淤泥砾滩(图 2 内的 4,全称为建筑物库内泥石流回淤泥砾堆积滩)

这类滩体有 4 种,即导流堤卡口库内回淤泥砾滩、拦淤库内回淤泥砾滩、拦沙坝库内回淤泥砾滩和库内支沟扇上游干流回淤泥砾滩。其中后者连同某些支沟扇和堰塞洼地一起,可归入泥石流间接人为堆积地貌类型。

1. 导流堤卡口库内回淤泥砾滩

导流堤与泥得坪咀间是一个卡口。在导流堤建成后,卡口上游方沟道逐渐淤高,使之成为回淤泥砾滩。该滩从卡口处一直延伸至查箐沟沟口扇,面积 0.81 平方公里。

2. 拦淤库内回淤泥砾滩

它与导流堤卡口库内回淤泥砾滩的堆积过程相同。两条拦淤堤建于 1975 年,设置于卡口库内回淤泥砾滩区。堤的左端留有溢流口,为削减泥石流对其下游导流堤冲刷,于 1982 年修建带过流堰口的 2 座拦沙坝(坝高均为 21.0 米),堤的右端直抵滩缘坡麓线,且与泥得坪古泥石流台地前缘陡坡衔接。尔后于拦淤库内泥石流进行强烈堆积,卡口库内回淤泥砾滩以上继续淤高,成为拦淤库内回淤泥砾滩,面积约 0.49 平方公里。

3. 库内支沟扇上游干流回淤泥砾滩

此滩从观测站附近至门前沟沟口,长 3.8 公里,滩面宽 100—230 米,面积 0.40 平方公里,是由 1980 年 10 月 21 日和 1983 年两次泥石流漫(满)滩堆积而成的。尔后历次泥石流的沟槽流在滩内塑造成箱形、阶梯形沟道,深 10—20 米,而其漫岸流时而涌上沟岸(滩缘),堆积成侧积堤。侧积堤与谷坡之间,尤其靠近坡麓线附近呈现沿沟延伸的带状洼地,可称为坡麓洼地。洼地一方面随着侧积堤增高而加深,又随着切沟锥的扩展、侵占而变浅或消失(照片 4)。这些便是其地貌结构和演变的特征。

4. 拦沙坝库内回淤泥砾滩

拦沙坝主要布设于上游和导流堤沟段,把沙砾、部分泥石流体拦淤于库内,堆积成滩。

拦沙坝库内回淤泥砾滩的性质主要取决于成滩期造床流体类型,在蒋家沟干流主要为粘性泥石流,在多照沟内除粘性泥石流外,还有挟沙水流。拦沙坝库内回淤泥砾滩的纵坡,一般均较原沟床纵坡缓,为 0.55—0.93%。

(五)侧积泥砾堤(图 2 内的 5)

沟道一旦稳定,过境泥石流边缘部分停积,或涌上岸边滩缘堆积等方式,均可产生侧积泥砾堤。人为泥石流产生的侧积泥砾堤,便是在防治建筑物稳定沟道的条件下,左右两侧泥石流边缘部分流体堆积而成。沟内有二种,即导流堤对岸侧积泥砾堤和拦淤库内侧积泥砾堤。

1. 导流堤对岸侧积泥砾堤

其由多次泥石流涌上导流堤对岸泥得坪咀下游方岸边而堆积成的,每次堆积厚度 10—30 厘米,堤长约 1.0 公里。

2. 拦淤库内侧积泥砾堤

其与导流堤对岸侧积泥砾堤的形成过程相似,即在沟道较稳定的条件下形成的,长约 650 米。稳定库内沟道的条件是:库内查箐沟支沟扇强烈堆积,致使蒋家沟泥石流稳定于

靠老蒋家沟沟口的沟道内下泄。直至 1985 年三块石挑流堤建成后,泥石流流路改走泥得坪坎脚,该堤才停止发展。

(六)堰塞洼地(图 2 内的 6)

泥石流人为堰塞洼地一般为防治建筑物引起的泥石流堵塞或差异堆积而成。沟内有三种,即泥得坪咀下游方堤外洼地、泥得坪咀上游方故道洼地和老蒋家沟沟口洼地。

1. 泥得坪咀下游方堤外洼地

该洼地系由导流堤对岸堤堵塞泥浆沟泥石流泥砾滩而产生的,且随堤的高度增加而变深,夏季积水成塘。

2. 泥得坪咀上游方故道洼地

该洼地形成于三块石挑流堤(1985 年)建成后,蒋家沟泥石流沿泥得坪坎脚下泄,主流线以 45° 夹角在卡口处注入导流堤沟段,于是泥石流体左缘部分发生堆积,堵塞故道而成洼地,夏秋季节亦积水成池。

3. 老蒋家沟沟口洼地

该洼地形成时间于 1975—1985 年,与其沟口侧积堤同步生成,现已稳定。

此外,库内支沟扇上游干流泥石流回淤泥砾滩上的坡麓洼地属泥石流自然堆积地貌,并且排泄水流(来自同岸坡面和沟槽),故不易成封闭性洼地,即使出现,亦为短期的,比如滑脚坡坡麓洼地。

综上所述,对粘性泥石流堆积地貌进行了初步分类研究,归纳了泥石流堆积地貌的成因、形态类型,介绍了某些堆积地貌的发生、发展与防治建筑物的关系。在对泥石流自然堆积地貌发展过程的研究中,把泥石流发展起始时期由 200—300 年前^[4]推前了上万年。论述了各类堆积地貌形态和结构特征,供合理利用当地土地资源和研究泥石流堆积时参考。泥石流可堆积成种种地貌,后者又可改变泥石流堆积的地点、方式和速度等,并可利用防治建筑物改变堆积状况。这方面的研究课题众多,还有待广泛、深入研究。

参 考 文 献

- [1] 吴积善等,1990,云南蒋家沟泥石流观测研究,科学出版社,第 48—50 页。
- [2] 陈富斌、赵永涛,1988,攀西地区新构造,四川科学技术出版社,第 14—17 页。
- [3] 中国科学院贵阳地球化学研究所华北平原研究组,1978,河北平原东部第四纪地层及其特征的初步研究,地球化学(3),第 169—178 页。
- [4] 李斌等,1979,云南东川蒋家沟泥石流发生、发展过程的初步分析,地理学报,34(2),第 156—168 页。

ACCUMULATIONAL LANDFORM OF VISCOUS DEBRIS FLOW IN JIANGJIA RAVINE, NORTHEAST YUNNAN*

Tian Lianquan

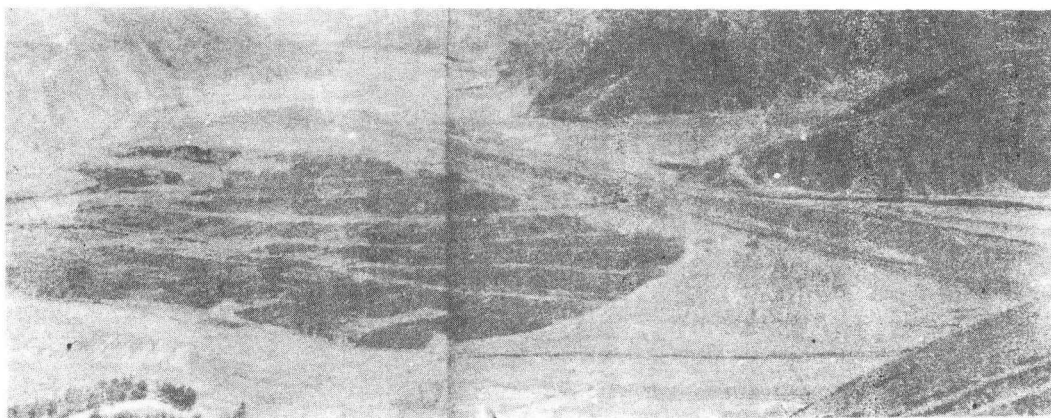
(*Dongchuan Debris Flow Observation and Research Station, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

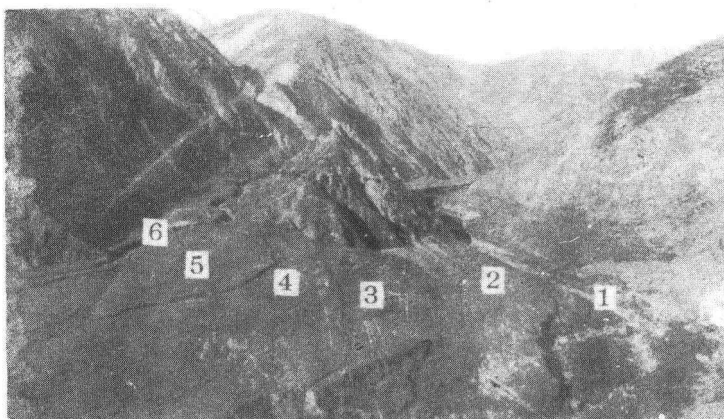
Based on the field investigations, classification of accumulative landforms in Jiangjia Ravine is made in this paper. According to the genesis, the accumulative landform of debris flow may be classified into natural and man-made ones. According to the accumulated processes, the natural accumulative landform may be classified into paleo-platform of debris flow (Q_3), old platform of debris flow (Q_4) and recent fan with long handle (before 1000 years). The man-made accumulative landforms may be classified into fan of levee tail, fan (cone) of branch gully, mud-gravel beach for back deposit, mud-gravel dyke for side deposit and barrier depression. The accumulative landforms of debris flow will induce the deposit conditions to change. Therefore, the deposit conditions may be improved due to rational distribution of the construction.

Key words Northeast Yunnan, Jiangjia Ravine, viscous debris flow, accumulative landform

* The project is supported by the Natural Science Foundation of China.



照片1 云南东川蒋家沟泥石流堆积扇(1990年)



照片2 云南东川查箐沟泥石流堆积扇(1990年)

1. 蒋家沟阶梯状沟道; 2. 蒋家沟干流泥砾滩; 3, 4, 5. 查箐沟三次泥石流堆积成的弧形泥砾滩;
6. 查箐沟箱形谷地; 7. 堤扇间侵蚀沟



照片3 云南东川大凹子沟泥石流堆积扇(1985年)



照片4 坡麓岩堆遭侵蚀而演变成的泥石流, 堆积于坡麓洼地内, 并在淤高