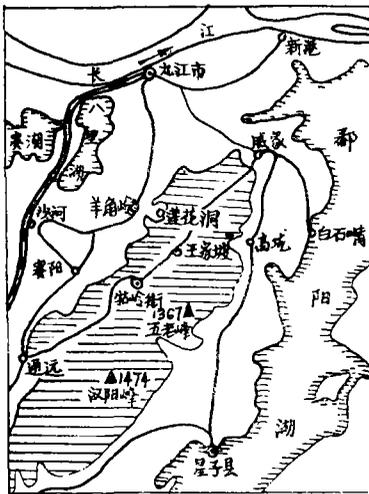


# 庐山1984年灾害性泥石流及其特征

邓养鑫 邓晓峰 徐齐治

(中国科学院兰州冰川冻土研究所) (兰州大学地理系)

庐山突兀于江西省北部。它北临长江，南壤星子，东濒鄱阳湖，西接八里湖，是一座由其东侧的赣江大断裂与其西侧的沙河大断裂挟持而起的复向斜褶皱断块山。山岭平均海拔高度为1,200—1,400米，主峰汉阳峰雄踞于山体的南部，海拔1,474米(图1)。



1—基岩山地； 2—湖泊；

3—铁路； 4—公路。

图1 庐山地理位置

1984年8月8日与9月1日，庐山地区因受本年度第7号与第11号台风影响，突降特大暴雨，先后两次暴发了自建国以来规模最大、历时最长、来势最猛和危害最重的沟谷型暴雨泥石流。泥石流所到之处，房舍被冲，桥涵被毁，道路被埋，田地淤积，自然景观发生急骤改变。庐山地区暴发最新泥石流这一客观事实，提醒人们今后在庐山各项建设中要切实预防泥石流可能造成的危害，同时它还向人们揭示出一个真谛，即庐山不但存在着现代新泥石流和历史时期老泥石流，而且还在数十万年以前暴发过相当规模的第四纪古泥石流。曾被认为是典型冰碛的“泥砾”，是完全可以由泥石流形成、输移、停积的全部过程及沉积特征做出系统而科学的解释的。

## 一、泥石流分布与危害

1984年8月8日和9月1日两次泥石流均发生于庐山的南半部，其中以西南侧的赛阳至通远一带最集中，泥石流危害亦最甚(图2)。仅庐山山南公路由通远向牯岭街22公里距离内，就有8处发生泥石流，且皆为粘性泥石流。泥石流堆积的泥沙石块在公路上形成了一系列扇形地，距通远7公里处的泥石流扇形地宽40米，长60米，平均厚度为2—3米。上述两次泥石流在地理分布上有以下几点特征：

1、由于两次台风雨的中心均位于庐山南部，而暴雨又是泥石流赖以形成的主要水源和激发斜坡土体产生滑塌的重要因素，所以上述两次泥石流亦集中于庐山南部。

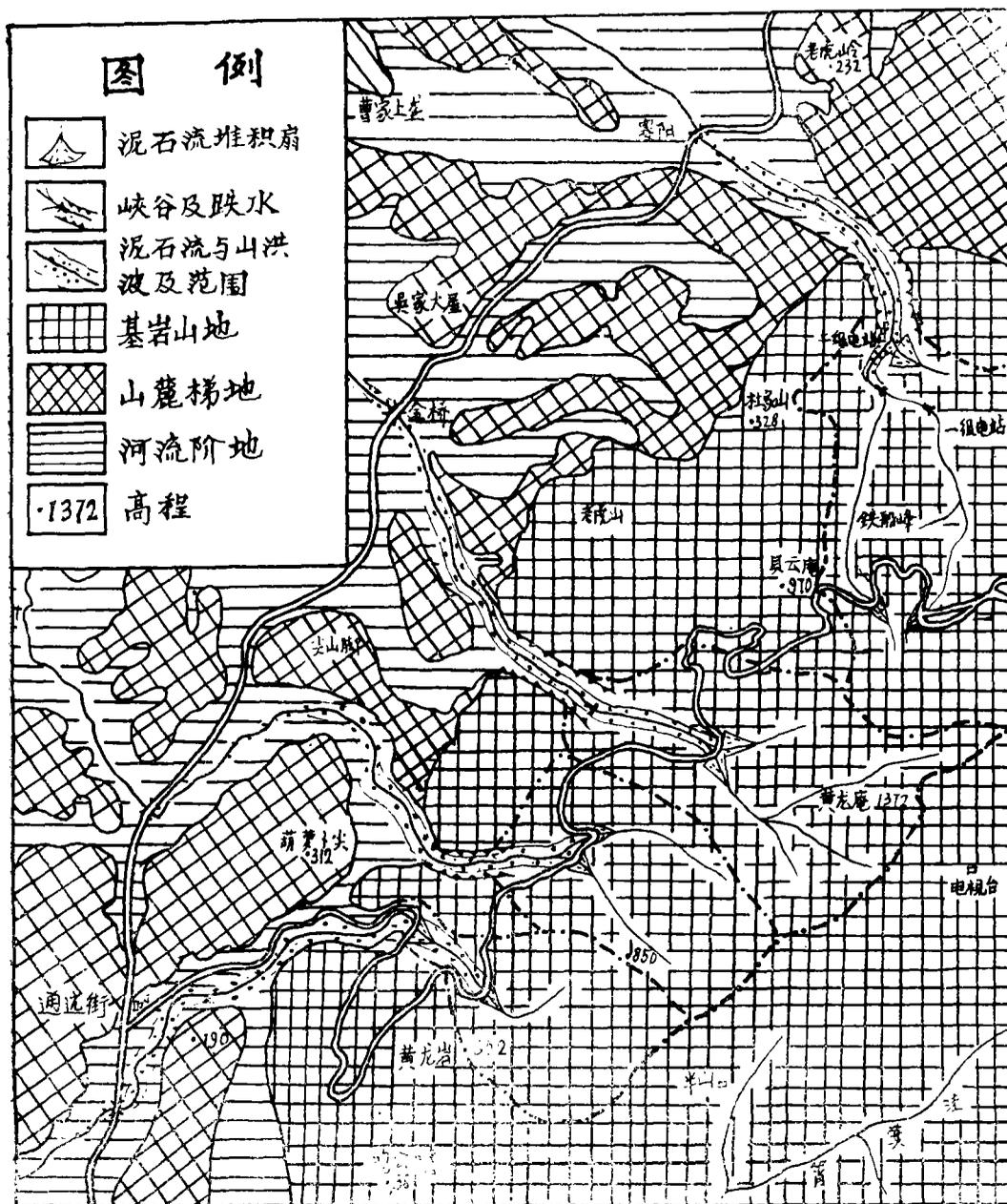


图2 庐山泥石流分布图

2、纵观泥石流沟全流域,在流域的源头与支沟中分布的主要是粘性泥石流,由泥沙石块混杂堆积的垄岗在流域上游随处可见。而到流域的中游,即近山麓沟口附近,大部分为稀性泥石流和水石流,泥沙含量减少,取而代之的是累累巨石。再往下游,即在山口以外数公里处,稀性泥石流便转化为一般山洪。所以从源头至山外,泥石流具有由粘性泥石流过渡为稀性泥石流并进而转变为洪水的分布规律。这一现象的产生主要是因为由源头一系列小型滑塌形成的粘性泥石流被流域内汇集的水流稀释和淡化的结果。

3、在垂直高度上,庐山泥石流主要形成于山体的中部,即海拔高度200—1,000米之间。

这是因为供给泥石流主要固体物质的大小滑塌多集中于上述高度内，而滑塌的分布集中高度又是与庐山的暴雨分布高度是一致的。通过对庐山地区无论是斜交迎风或正交迎风的暴雨资料分析，得知在海拔200—1,000米之间，雨量的增大与高度成正比关系，且以500米以下的增率最大，而500—1,000米之间增率逐渐减小；在海拔1,000米以上则为负变率。暴雨集中于山坡的中部，而山坡的中部又是山坡坡度最大的部位，因此极易产生崩塌与滑坡，并随之形成泥石流。

上述两次泥石流以8月8日那次规模最大，造成的灾害也最严重。泥石流沿着陡峻的沟床迅猛下泻，沿途所到之处，冲桥毁路，垮屋淤地。山南公路在通远以上22.6公里距离内就有8处发生泥石流，巨大石块堵塞涵洞，埋没道路，有10座桥涵被毁，使山南公路断道阻车达3个月之久。稀性泥石流从金桥东边沟谷中汹涌而下，掏挖并冲走南岸桥台，造成钢筋混凝土桥面垮落，使九江至南昌公路断道一周。庐山仪表厂七分厂生活区布设在金桥沟口右岸阶地上，沿河岸有长50米的浆砌块石护堤，堤内又有长50米、高2.5米的一排砖墙，8月8日那次泥石流，一瞬间将全部护堤与围墙冲毁，所有砌石与砖块被席卷而去。同时，泥石流还掏挖院落，使河岸后退约10米，房屋基础临空处险。泥石流曾两度冲进庐山酒厂车间，使生产中断约一旬。出沟的泥石流还冲毁不少农田，一些稻田被砂石埋盖。总之，1984年8月8日与9月1日两次泥石流，曾对庐山南部的工农业生产与交通运输造成了严重危害。

## 二、泥石流形成条件

庐山在地质构造上正处于淮阳山字型构造与江南古陆之间，由于南北压应力作用而形成一座由东北向西南伸展的复向斜褶皱断块山。全山被狮子崖经仰天坪至上霄峰的冲断层分为南北两部分，北部为复向斜构造，而作为上述两次泥石流发生地的庐山南部，则为一倾向西北方的单斜构造。整个庐山在东西两侧断层的控制下，自第四纪以来抬升了近700米，从而形成了山岭与山麓达1,000米的高差。山岭高耸，悬崖毗连，山坡陡峻，沟谷幽深，为泥石流的形成和运动提供了极为有利的地形条件。在调查的几个泥石流流域内，源头山坡的坡度多在30—50°，个别的达70°。沟床的平均纵坡在源头为10—15°，中游为7—12°，下游为2—5°，这些数值均超过了泥石流运动的临界坡度。此外，泥石流流域在平面上多呈掌状，有利于地表径流的快速汇集，从而促使泥石流形成和其规模扩大。

泥石流分布区的岩石主要为前震旦纪片麻岩、云母砂岩、板岩与古生代硅化灰岩以及砾岩。它们由于时代古老，经后期多次构造运动影响，屡遭揉皱与断裂，所以裂隙纵横，节理丛生，岩层破碎，危岩满布。经漫长岁月的物理风化、化学风化以及生物风化，山体形成了厚达数十米的风化壳，发育了大范围的红色粘土，山坡上残积、坡积碎石土厚达0.8—1.5米。这些处于不稳定状态的岩石，粒径较小的残积、坡积物以及古泥石流形成的泥砾，大小混杂的现代河床冲积、洪积物等，均是上述两次泥石流产生的主要固体物质来源。

据庐山气象台观测资料，1984年8月8日与9月1日，本年度第7号与第11号强台风影响本区，使庐山两次降落强台风雨。8月8日5时42分至9日17时39分过程降雨量为217毫米，最强降雨时段（8日11时—15时）降雨总量为150毫米。8日一日最大降雨量为198毫米，一小时最大降雨量为39.5毫米。第二次强台风雨从8月31日21时至9月2日20时，过程降雨总量为438毫米，最强降雨时段（8月31日21时至9月1日2时）降雨量为93.5毫米。9月1日一日最大降雨量为224毫米，一小时最大降雨量为21.9毫米。这两次强台风雨无论是总量还是强度，都是庐山气象台有记录资料以来，除1975年8月14日（推算一日最大降雨量为477.5毫米，实测一小时

最大降雨量为58.3毫米)那次台风雨以外的最大值。强烈的暴雨倚仗陡峻的地形急速汇流,冲刷已被前期降雨所饱和的残积、坡积物和掏挖沟床原有的冲积、洪积物,并随即形成汹涌的泥石流沿山坡和沟底迅猛下泻。强大的暴雨径流不仅是激发泥石流形成的直接因素,而且也是泥石流这种固液两相流中液相的重要组成部分。

通过对庐山地区泥石流形成条件的分析,使我们发现,泥石流不仅像通常认为的那样只发生在植被稀疏和岩石裸露的山区,而在林草茂密的山地也同样可形成,甚至正因为不易引起人们所重视,所以发生的泥石流往往具有更大的突然性与破坏性。在我国西北与西南干旱与半干旱山区,一般是地表无植物覆盖,加之暴雨集中,坡面经受雨水的溅蚀与面蚀作用,进而出现线状侵蚀,进而形成异常的水土流失与山洪。但真正泥石流的产生,特别是规模大和危害重的粘性泥石流的出现,则一般是因为流域上游分布有一定规模的崩塌与滑坡。庐山泥石流的产生也是因为流域源头山坡上有许多残积、坡积物滑塌的结果(比如在山南公路旁发生的滑塌就达85处)。在上述两次强台风雨降落时,由于雨力强,雨点稠密,山坡直接受到打击。渗入残积、坡积物中的雨水,一方面增加了土体自重而使之稳定性降低,另一方面雨水渗入土粒间就降低了碎屑物抗剪强度与粘聚力。渗入土层与下伏基岩面之间的水流,形成了一个由水构成的滑润层,降低了土层的摩阻力。台风雨发生时还伴有强风,一方面风力通过树干传递到岩石上,另一方面因树木与灌丛的猛烈摇曳,伸入岩石裂隙中的根系亦随之牵动,从而使裂隙进一步扩大。由于这多种原因的组合,使山坡陡峻部位的土体失去了平衡而发生崩落与滑动。滑塌若出现在较高部位,则在运动中还会打毁下方的树木,撞击和破碎下方的岩石,从而出现自上而下链锁反应式的重力侵蚀现象,这就为泥石流的形成储备了更丰富的固体物质。

### 三、泥石流特征

庐山这两次泥石流在其形成、运动与堆积过程中均施予地表以显著的改造作用,同时也通过上述各种作用所遗留的痕迹反映出相应的若干特征。

1、形成特征。庐山泥石流的形成条件已如上所述,即陡峻的地形、丰富的土石和强烈的暴雨共同作用的结果,促成了大范围泥石流的暴发。而泥石流在其形成中又有其独有的特征。通过对泥石流流域的考察与访问,得知庐山泥石流是在山坡长有较茂密的树木与灌丛的情况下,前期已充水近于饱和状态的残积、坡积物,在强台风雨的猛烈冲击下经受重力侵蚀产生滑塌而直接形成的。由山坡上滑塌到沟底的沙石泥土是通过两种方式转变为泥石流的:一种是它们直接从山坡上滑溜至沟底,并借助于在滑动中所获得的动能继续沿沟床成整体结构流动,从而转变为粘性泥石流。考察区源头支毛小沟中的泥石流,如庐山山南公路上的泥石流基本上都是由这一方式形成的。又如位于石门涧庐山二级水电站旁一支沟中的泥石流扇形地,就是由山坡上一处滑塌、滑溜至沟底并随即流动到沟口,在一瞬间堆积而成的。它尽管规模不算太大(扇形地宽40米、长20米、平均厚度2米),但却击毁了防护堤,危及到电站的安全。另一种情况是滑塌从山坡上直接堆积到沟底,堵塞沟道,当上游暴雨径流沿沟床流至滑塌体上方时,水流受阻,滑塌体就变为临时性堤坝;但随着上游来水量的不断增加,动水压力与静水压力也在不断增大,当堤坝失去稳定性后即产生溃决,而形成堵溃型泥石流。依照这一方式形成的泥石流,主要分布于流域的中游与较大支沟中。概括庐山地区由山坡滑塌体转变为泥石流的前后两种形成机理,我们可以分别冠以牵引式与推移式两种名称。

此外,在沟道的下游,由于洪水和上游泥石流的流量很大,流速很快,常通过下切侵蚀和边

岸侧蚀而掏挖原来沟床，并俘获原有的河床质，从而形成新泥石流或加大原来泥石流的规模。在泥石流通过之后，沟谷的纵断面被延长，横断面被展宽，谷形即由V字形变为U字形或矩形。如九江仪表厂七分厂生活区旁的沟谷就是如此快速演变而来的。

2、流体特征。庐山地区的泥石流，就结构一流变类型而论，既有粘性泥石流，又有稀性泥石流，同时又有这两种泥石流之间的过渡类型。正如前面所提及的，粘性泥石流主要分布于流域的源头和上游，稀性泥石流主要分布于下游。

庐山地区的粘性泥石流，从现场调查推测，其容重为2—2.3吨/立方米，稀性泥石流的容重为1.5—1.8吨/立方米。在金桥沟口，稀性泥石流的流速从痕迹粗估为6—8米/秒，泥石流流量在200—250立方米/秒之间。

粘性泥石流在源头形成后，沿着陡峻的沟床作整体结构运动。大小石块与泥砂混聚在一起，在运动中彼此相对位置保持不变。但在沟床急转处，尤其是在跌坎处，粘性泥石流的整体结构受到了程度不等的破坏。稀性泥石流（如金桥沟的水石流）在其运动中石块与砂粒之间以及石块与石块、砂粒与砂粒之间始终保持着颗粒之间位置的相对变化，物质发生着垂直方向的交换。在几处跌坎下，发现稀性泥石流在运动中有泥跃现象，并使跌坎下的沟床产生冲刷。

虽然泥石流都具有大冲大淤的特点，但是相对比较之下，粘性泥石流则通常表现为淤积，而稀性泥石流则通常反映出冲刷。如庐山山南公路上的几处粘性泥石流在支沟口发生显著淤积，使涵洞与公路均被阻塞，而九江仪表厂七分厂生活区旁的稀性泥石流则显示出大冲深刷的特征，使院落被侧蚀，房屋基础悬空遇危。

3、沉积特征。庐山两次泥石流均对流域的山坡与沟床施予了极大的改造作用，显示出它们的地质地貌过程十分快速。在短短的不足一小时的时间内，大量泥沙石块被搬运至沟口和山外，形成了大面积的独具特征的泥石流沉积。

泥石流出沟后，多以扇状分布于山麓。而在堆积扇与沟道宽敞处，泥石流堆积物又多以垄岗的形态出现。在金桥沟口，泥石流垄岗一般长15—20米，宽3—5米，高2—3米。

泥石流沉积物，尤其是粘性泥石流沉积物，在剖面上是大小混杂，毫无层理与分选性。全部粒级大的可达 $4 \times 3 \times 0.8$ 立方米，小的可到粘土，分布区间十分广阔。在最新的泥石流堆积剖面上，有时可看出其底部巨砾之间泥砂充填紧密，而上部巨砾之间则多为孔隙，这是由于上部泥砂被后期洪水冲刷掉的缘故。

由于泥石流，尤其是水石流在运动中石块与沟床以及石块彼此之间猛烈而快速的碰撞与刻蚀，常在石块与沟壁上出现许多擦痕。如在金桥沟口一块长1.2米、宽0.8米、厚0.7米的砂岩最大扁平面（ab面）上，有数条泥石流擦痕，其长度分别为25厘米、20厘米、16厘米等，宽度为1—1.5厘米，深0.3—0.5厘米。在擦痕旁还伴有许多撞击坑。有时泥石流撞击坑还可单独出现，如在石门涧一支沟泥石流堆积扇上，发现在一块石灰岩巨砾上，于30厘米见方的面积内有直径为3—5厘米的圆形撞击坑18个。无论是泥石流擦痕还是撞击坑，它们都具有外形毛糙的特征。

无论是粘性泥石流还是稀性泥石流（包括水石流），当其前锋（即通常所称的“龙头”）到达沟外坡度小于泥石流临界运动坡度的地段时，随即停止运动，但后续的泥石流因惯性作用仍在继续向前流动，于是“龙头”部分的巨砾受到后面泥石流体的推力，便产生了一个向上抬举的分力，正是这一分力使得石块前端翘起。这样就形成了泥石流“龙头”部分的石块最大扁平面（ab面）倾向于上游的组构特征，而且倾角较大，多在30—50°。

（下转第61页）

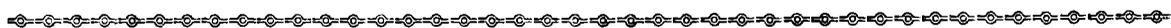
## 五、马衔山末次冰期的理论雪线

判别混杂堆积是否为冰川成因，还需要考虑是否有冰川发育的条件。讨论冰川发育条件，无不涉及雪线问题。这里，我们对马衔山末次冰期是否发育冰川，从理论上做一简要分析。

周尚哲同志认为，马衔山现代理论雪线是4,400米，末次冰期理论雪线为3,800米。任炳辉同志对马衔山晚更新世冰缘地貌的研究指出：马衔山3,500米以上末次冰期发育准石海，马衔山山顶在末次冰期只经过冰缘地貌过程，称为马衔山冰缘期。石海下线称为石海线，它是一条相当重要的自然地理界线。石海线与雪线高差一般为250—350米。那么，可以根据石海线推测马衔山末次冰期理论雪线是3,750—3,850米。从水热条件的理论计算和地貌事实的理论推算的雪线高度值基本吻合，从而使我们相信末次冰期马衔山理论雪线3,800米的观点是正确的。而马衔山主峰海拔3,670米，也不能达到末次冰期的理论雪线。更为重要的是，马衔山晚更新世以来一直在上升之中，末次冰期的山体高度怎能达到雪线？马衔山末次冰期雪线比现代下降600米，这与祁连山素珠链峰玉木冰期雪线下降值600米的研究成果是一致的。中国北方在冰期是干冷环境，马衔山处于黄土高原之中的孤立岩岛，可以设想其受到干冷气团的控制。因此，从水热条件两方面分析，马衔山在末次冰期不具备冰川发育的条件。前人报导的3,200—3,300米高度的末次冰斗群与灰色泥砾的冰川成因是需要商榷的。

## 六、结 论

综上所述，马衔山南坡的混杂堆积物不是冰川成因，其成因具有多解性。黄色混杂堆积主要为洪积成因；锈黄色与黄灰色混杂堆积为泥石流成因；灰色混杂堆积为山区河流洪积成因，但有个别处（黑水沟口）为沟口泥石流扇形沉积。



（上接第72页）

## 四、两点结论

通过以上所述，可得如下两点结论：

1、庐山地区最新泥石流所造成的灾害，应该引起当地有关部门的高度重视。除了加大公路桥涵净高以保证排泄较大流量的泥石流，以及在临近泥石流沟的生产与福利区修筑排洪道外，还应该在滑塌集中的沟道构筑拦挡坝，以拦蓄泥砂，稳定沟坡，抑制新泥石流的发生。

2、庐山地区暴发最新灾害性泥石流以及沉积特征与“冰川泥砾”极为相似这一事实，使我们更加有理由认为，庐山地区的古泥砾是完全可以就今论古，用现代泥石流理论加以科学解释的。