



泥石流

中国科学院甘肃省
冰川冻土沙漠研究所

科学出版社

泥 石 流

中国科学院甘肃省
冰川冻土沙漠研究所

科 学 出 版 社

1 9 7 3

内 容 简 介

本书共分三部分。第一部分扼要地说明什么叫泥石流，泥石流的形成、分布、类型特征以及与国民经济的关系；第二部分介绍了泥石流野外勘测调查的一些基本内容和方法；第三部分是关于泥石流的防治措施。

本书是一本应用科技读物，文字较通俗精练，可供从事山区建设的具有初中文化程度的工农兵群众和干部，以及有关工程技术人员、科研和教学人员应用参考。

泥 石 流

中国科学院甘肃省
冰川冻土沙漠研究所

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1973 年 6 月第 一 版	开本：787×1092 1/32
1973 年 6 月第一次印刷	印张：2 3/4
印数：0001—20,600	字数：60,000

统一书号：12031·1

本社书号：220·12

定价：0.25 元

前 言

泥石流(过去一般称为山洪)是山区常见的一种自然灾害现象。它突然爆发,来势凶猛,是具有很大破坏力的特殊洪流。泥石流主要分布在半干旱和温带山区。在我国西南、西北和华北的一些山区均发育有泥石流,危害着山区的工农业生产和人民生活。解放前,在国民党反动统治下,剥削阶级对广大山区的自然资源大肆掠夺和破坏,引起泥石流泛滥成灾,迫使广大劳动人民挣扎在水深火热之中。而泥石流及其防治的科学研究工作,更是完全处于空白状态。新中国诞生后,在伟大领袖毛主席和中国共产党的领导下,随着社会主义建设的发展,特别是山区的开发和利用,推动了泥石流及其防治的科学研究工作。中国科学院以及铁路、公路、航运、水利和冶金等部门都先后成立了专门的泥石流研究机构,进行了泥石流的科学考察、定位观测和室内模拟试验等工作,初步查明了我国泥石流形成发展的一些基本特征,摸索出一些行之有效的防治措施,从而改变了泥石流科学研究工作的一穷二白的面貌。特别是生活在泥石流地区的各族劳动人民,在毛主席提出的“**备战、备荒、为人民**”和“**农业学大寨**”的伟大方针指引下,在史无前例的无产阶级文化大革命中,进一步开展群众性的治山治水运动,同泥石流进行了顽强的搏斗,取得了显著成效,积累了不少防治泥石流的经验。这是山区人民“**自力更生**”、“**艰苦奋斗**”向泥石流宣战的辉煌战绩,是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利。

为了多快好省地建设社会主义新山区,使泥石流科学研

究工作更好地为工农业生产服务,我们通过整理、归纳近年来自己工作中的体会,总结学习广大群众和兄弟单位在生产实践中的斗争经验,编写了这本小册子,供战斗在泥石流地区的工农兵群众、领导干部和工程技术人员参考。由于我们的政治和业务水平都很低,开展泥石流科学研究工作较晚,实践不多,对泥石流的形成发展机制和内在规律的认识还很肤浅,对广大群众同泥石流斗争的丰富经验缺乏深入系统的总结和学习。因此,这本小册子定有不少缺点和错误,热忱希望同志们批评指正。

在《泥石流》小册子编写过程中,得到有关生产、设计、科研和泥石流治理工地等单位的大力支持和赞助,提出许多宝贵意见,特借此表示深切的谢意。

本书主要由康志成、杜榕桓、王家义、章书成、冯清华、莫承略、杨针娘、徐道明和泐良明等同志编写。初稿经我所泥石流研究室集体讨论,提出修改补充意见,最后由康志成、杜榕桓和李械同志修改定稿。本书附图由王景荣、赖祖铭和吴焕忠同志编绘。

目 录

前 言	i
第一章 泥石流概述	1
第一节 什么叫泥石流	1
第二节 泥石流是怎样形成的	3
第三节 那些地方有泥石流	8
第四节 泥石流的分类与特征	22
第二章 泥石流的勘测调查与计算	33
第一节 泥石流的勘测	33
第二节 泥石流的痕迹调查	36
第三节 泥石流的野外观测	42
第四节 泥石流流速与流量计算	43
第三章 泥石流的防治	52
第一节 泥石流的防治原则	52
第二节 泥石流的防治方案	54
第三节 泥石流的防治措施	61

第一章 泥石流概述

第一节 什么叫泥石流

泥石流是山区的一种自然灾害现象。它是一种含有大量泥砂石块等固体物质,突然爆发,历时短暂,来势凶猛,具有强大破坏力的特殊洪流。泥石流与一般洪水不同,它爆发时山谷雷鸣,地面震动,浑浊的泥石流体,仗着陡峻的山势,沿着峡谷深涧,前阻后拥,冲出山外,往往在倾刻之间给人们造成巨大的灾害。

泥石流中泥砂石块的体积含量一般都超过了 15%,容重相当于 1.3 吨/米³以上。最高可达 80%,容重相当于 2.3 吨/米³。

根据我们目击的情况(一次规模较大的泥石流),当泥石流爆发时,先听山中巨响,随后浓烟腾起,接着泥石流象一条黑色巨龙,奔腾咆哮,破山而出,只见巨石翻滚,黑浪飞溅,石块撞击的声音雷鸣般地响澈山谷。泥石流的前锋是一股浓浊而粘稠的洪流,其中泥砂石块等含量高达 60—80%,形成泥石流的“龙头”,它以几米至十几米的高峰,倾泻而下,小石块(直径 1 米以下者)在泥浆中翻滚移动,而大石块(直径 2—5 米以上者)则象航船一样在泥浆上飘浮而下。从高处俯视整个泥石流体,象一列列载煤火车在大地上奔驰。由于泥石流质体粘稠,容重大,具有特殊的结构和浮托能力,其侵蚀、搬运、冲刷和堆积过程均十分快速,往往在很短的时间内流出数

十万公方以至数百万公方的固体物质,能将数十吨、数百吨甚至上千吨的巨石,从山内搬到山外。泥石流以惊人的破坏力摧毁前进途中的一切建筑物:埋没农田、森林,堵塞江河,冲毁路基桥涵和灌溉渠道,毁坏一些依山傍水的城镇和村庄。

我国不少山区都发育有泥石流,但各地的叫法颇不一致:有些地方称“山洪”,西北地区称为“流泥、流石”或“山洪急流”,华北和东北山区称为“龙扒”、“水泡”或“石洪”,川滇山区称为“走龙”或“走蛟”,西藏地区则称为“冰川爆发”。

典型的泥石流流域,象一条头大腰细尾巴散开的金鱼一样。从上游到下游一般可分为三个区段(图1):

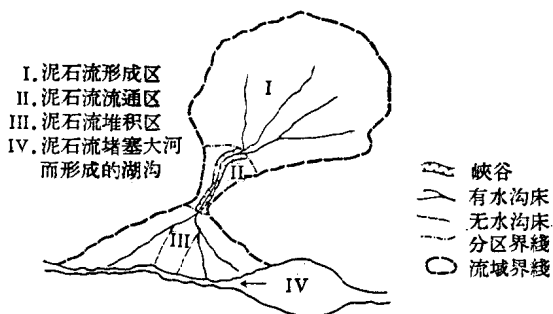


图1 典型泥石流流域示意

泥石流形成区：一般位于流域的上游区段，多为高山环抱的山间盆地(低地)，呈漏斗状，形成泥石流的固体物质和水源主要由此区段供给。这里滑坡、崩塌、岩锥等不良地质现象很发育，水土流失严重，山坡极不稳定。

泥石流流通区：一般位于泥石流沟的中游地段，多为峡谷地形，谷坡急陡，沟床纵比降大，多陡坎或跌水。

泥石流堆积区：是泥石流固体物质停积地段，位于泥石流沟的下游，多呈扇形或锥形，大小石块混杂堆积，地面垄岗起伏，坎坷不平。

第二节 泥石流是怎样形成的

泥石流是泥砂石块和流水相互矛盾着的统一体。它的发生和发展受到一系列因素的控制和影响,即泥石流的形成是同所在地区的自然条件和人类经济活动密切相关的。地质和地形是泥石流发生的内因条件,而水的作用则是外因条件。

一、地质条件

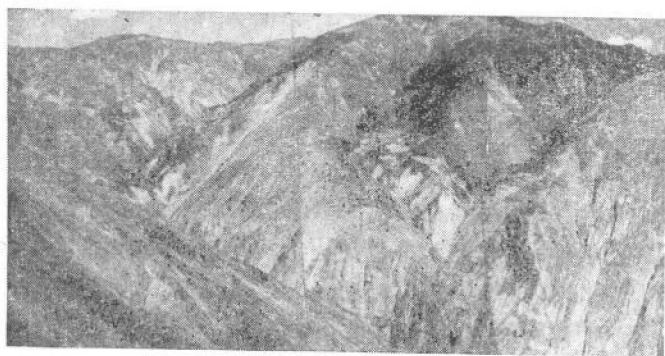
(一) 构造和岩性: 综合各地泥石流沟的地质条件来看,凡泥石流十分活跃的地方,都是地质构造复杂,断裂褶皱发育,新构造运动强烈,地震烈度大的地区。由于这些原因,导致地表岩层破碎,各种不良物理地质现象(如山崩、滑坡、崩塌和错落等)层出不穷,为形成泥石流提供了丰富的固体物质来源。如云南东川地区的泥石流沟群主要是沿着小江深大断裂带发育的;四川西昌地区的泥石流沟群主要是沿着安宁河谷地堑式断裂带发育的;西藏东南部地区的泥石流沟群是沿着喜马拉雅结晶轴东北端深断裂带分布的;甘肃武都地区的泥石流沟群是发育在与白龙江大致平行的断裂褶皱带上。

在地质构造的控制下,岩性与泥石流的形成也很有关系。软硬相间或软弱的岩层更易遭受破坏,从而为形成泥石流提供大量固体物质。由于岩性的不同,使岩体遭受破坏的形式也不同,如页岩、泥岩、片岩等与花岗岩、大理岩、石灰岩、砾岩等地区的风化作用所表现的形式是很不相同的,因而所形成的泥石流也就有不同程度的差别。前者多形成粘性泥石流,后者多形成稀性泥石流。

(二) 地震和新构造运动: 地震活动是现代地壳活动最明显的反映。在地震作用强烈的情况下,山体稳定性遭受破

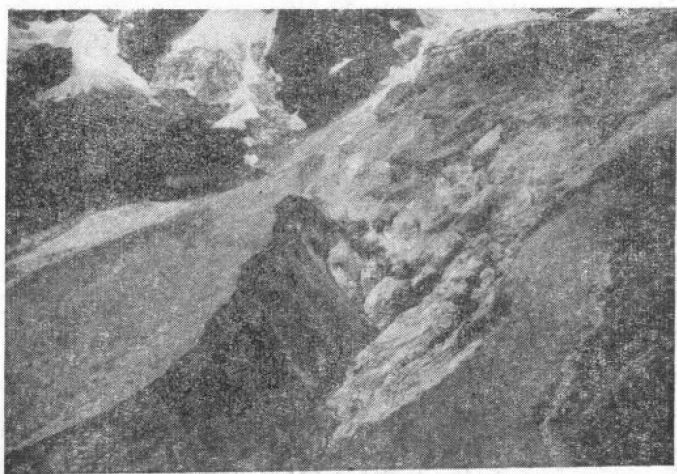
坏,岩层破裂,引起山崩地裂或滑坡坍塌。在强烈地震之后,往往出现这种情况:正在活动的泥石流沟,泥石流爆发的次数增多,规模变大;已趋稳定的老泥石流沟,重新复活,再度发生泥石流;而原来不完全具备形成泥石流的沟谷也可能突然爆发泥石流。我国和世界各地的许多实例表明,不少灾害性泥石流发育的地区是和强烈的地震带相一致的。如上述的东川、西昌、武都及西藏东南部泥石流区均是如此。

新构造运动(即第三纪末至第四纪以来的地壳升降和断裂运动)可引起泥石流沟床纵坡的相应变化,从而起到加速或抑制泥石流活动的作用。在新构造运动强烈的地区,由于山地的急剧上升,谷地相应地强烈下切,造成河谷相对高差越来越大,山大沟深,谷地两侧支沟短小,纵坡急陡(照片 1、2),这种地形对泥石流的发展是十分有利的。



照片 1 云南东川蒋家沟一角(具有山体破碎、沟壑交错、谷坡急陡等特点)

(三) 不良物理地质作用: 不良物理地质作用包括山崩、滑坡、崩塌、岩锥和错落等, 这是提供泥石流固体物质的直接来源, 它的发生发展过程也往往是泥石流的发生发展过程。查明不良物理地质作用的类型、规模、分布和变化过程等, 是



照片 2 西藏古乡泥石流形成区一角(泥石流主沟在古冰碛物上深切达 200 米,谷坡急陡,崩塌频繁,古乡泥石流主要在此沟段形成)

了解泥石流的活动特点、类型、规模、破坏强度和发展趋势所必须的前提,也是从根本上治理泥石流的关键。

二、地形条件

泥石流流域的地形特征,简单地说是山高沟深,地势陡峻,沟床纵坡大,流域形状便于水流的汇集等。完整的泥石流流域,它的上游多为三面环山,一面出口的瓢状或斗状围谷。这样的地形既有利于承受来自周围山坡的固体物质,也有利于集中水流。山坡坡度多为 $30-60^{\circ}$, 坡面侵蚀及风化作用强烈,植被生长不良,山体光秃破碎,沟道狭窄,在严重的坍方地段,沟谷横断面形状呈“V”形。它的中游,在地形上多为狭窄而幽深的峡谷。谷壁陡峻(坡度在 $20-40^{\circ}$), 谷床狭窄,纵比降大,沟谷横断面呈“U”形,如通过坚硬的岩层地段,往往形成陡坎或跌水。大股泥石流常常迅速通过峡谷直泄山外,

小股泥石流到此有时出现壅塞停积现象，当后来的泥石流继续推挤时，才一拥而出，成为下游所见破坏力很大的泥石流。

泥石流沟的下游，一般位于山口以外的大河谷地两侧，多呈扇形或锥形，是泥石流得以停积的场所。

三、水文气象条件

水不仅是泥石流的组成部分，而且也是泥石流的搬运介质。我国广大山区形成泥石流的主要水源来自暴雨。突发性的暴雨是形成泥石流的基本动力条件。我国大部分地区的降水多集中在5—9月份，雨季降水量占全年总降水量的60%左右，有的地区达90%以上。一般说来，泥石流分布地区的雨型多为暴雨。暴雨量和强度愈大，所形成的泥石流规模也就愈大。如东川地区某年在6小时内降雨量达180毫米，并形成了历史上少见的特大暴雨型泥石流。

在高山冰川分布地区，冰川积雪的强烈消融亦能为形成泥石流提供大量水源。冰川湖或由山崩、滑坡堵塞而成的高山湖突然溃决，往往能形成规模极大的泥石流。这样的例子，在西藏东南部山区是屡见不鲜的。

从泥石流形成过程看，水的作用主要表现在两方面：第一，对固体物质的浸润饱和作用。泥石流流域固体物质的储存地区，往往是各种水源的汇集区，从而使固体物质得以大量充水，达到饱和或过饱和状态，物质结构被破坏，磨擦力减少，滑动力加大，处于塑化状态，从而为泥石流的产生创造了有利条件。第二，对固体物质的侧蚀掏挖作用。主要指降水或冰雪融水所形成的径流对地面的线状下切作用。泥石流流域的上、中游地段，沟床纵坡大，湍急的水流从底部侧蚀掏挖沟坡固体物质，使其边坡坡度变大甚至处于悬空状态，发生崩塌滑坡。崩落下来的固体物质借助于陡峻的沟床，在急流的推冲

下形成泥石流。

四、人类活动的影响

在山区建设中,如果经营活动不合理,就可能由于破坏地表原有结构,造成山坡水土流失,山体的某个部分失去平衡,产生大面积坍方、滑坡等,提供大量固体物质,形成泥石流,或使已趋稳定的泥石流沟复活,向恶化方向发展。据调查,许多地区的泥石流(如东川、西昌、武都等地),其形成和发展都是与过去某一时期滥伐山林有密切关系。而泸沽地区的盐井沟则以开矿弃碴为固体物质来源而重新爆发泥石流的。

综合上述促使泥石流发生的诸因素,可以概括为三个基本条件:第一,流域内有丰富的固体物质,而且这些物质能以有利的方式(崩塌、滑坡等)直接补给泥石流;第二,有陡峻的地形和较大的沟床纵坡;第三,在流域的中、上游,有强大的暴雨或冰雪强烈消融及湖泊的溃决等形式补给的充沛水源。

泥石流因含有大量固体物质而区别于其它水流。很显然,广大山区出现的暴雨或冰雪融水,往往只能引起洪水泛滥,而只有在流域山坡上或沟床中堆积有大量固体物质,在较陡的坡度下,固体物质受到暴雨径流或冰雪融水的激发、冲击和搅拌后向下游流动,使流动体的性质和运动特征发生一系列变化,才成其为泥石流。固体物质的多寡和补给方式,决定着泥石流的性质(类型)、规模和破坏强度。当固体物质大量而集中坍塌并将沟床阻塞时,往往引起沟床水流骤减或小股泥石流被阻塞而停积下来,出现断流现象,但因沟床纵坡陡,动能大,堵塞物质很快被充水饱和,推移而下形成泥石流,这种“壅塞推移式”的泥石流多为粘性泥石流,有明显的泥石流“龙头”,而且其规模大,流程远,破坏力强;当固体物质沿沟谷两侧零散坍塌,且未将沟床阻塞时,水流从坍塌体前缘或底部

通过,坍塌物质被逐步冲蚀牵带而走,这种“坍塌牵引式”的泥石流以稀性为主,无明显的泥石流“龙头”,且其规模小而流程近,破坏力也不及前者。

从形成泥石流的条件中可以看出,泥石流流域内固体物质的产生过程是一个比较漫长的逐渐积累过程(几年、十几年甚至更长时间),而固体物质补给泥石流又常常是以突发性的山崩、滑坡、崩塌等形式来完成的。当这些固体物质崩落在陡峻的沟谷中与湍急的水流遭遇时,才转化为泥石流。总之,固体物质的积累过程(包括水对固体物质的浸润饱和和搅拌过程),较之泥石流的突然爆发,是一个经常而缓慢的孕育过程,当这个过程完成时,随之而来的就是来势凶猛的泥石流了。这一特点,对于我们认识泥石流的分布规律、爆发频率及其特征,都具有重要意义。

应当指出,由于各个地区自然条件千差万别,人类活动也各有所异,上述诸因素在泥石流形成发展过程中所起的作用也不是永远不变的。随着上述各种因素的变化,都将引起形成泥石流的三个基本条件的转化,从而导致泥石流的活动过程、性质和规模的变化。因此,对不同地区,不同发展阶段的泥石流,必须具体分析,区别对待,根据当地的自然、历史特点,对泥石流进行深入细致地调查研究,从中找出规律性的东西,以便因地制宜地同泥石流进行斗争。

第三节 那些地方有泥石流

从前述泥石流形成条件可以看出,泥石流的分布有着一定的区域性和时间性的特点。不是所有的山区都有泥石流,即或有也并非年年爆发。概括说来,泥石流在空间分布上,主要发育在温带和半干旱山区以及有冰川分布的高山地区。在

时间上,泥石流大致发生在较长的干旱年头之后(积累了大量固体物质),出现集中而强度较大的暴雨年份(提供了充沛的水源动力),或高山区冰川积雪强烈消融时期(冰川积雪消融时期,大量固体物质从冰体中解脱出来,冰雪融水也相应增多,为泥石流提供了固体物质和水源动力条件)。而在特别湿润的山区,由于降水季节长,水量分配均匀,很少出现集中的、强度大的暴雨,加之植被茂密,山地的水土流失现象和岩石的风化过程都比较微弱,一般不易发生泥石流。在特别干旱的山区,虽储备有大量的固体物质,但因这里降水特少,没有足够的水源动力条件,也难以形成泥石流。

我国是一个多山的国家。不少山区第四纪松散物质丰富,地形陡峻,水源集中(大部分山区有暴雨或大雨,西部高山区还有冰雪融水),泥石流是相当活跃的。有些山区地震活动强烈,植被破坏严重(特别是解放前,广大山区由于遭到滥伐、滥垦、滥牧而造成严重的水土流失),从而加速了泥石流的发展。

我国泥石流主要分布于西南和西北、华北山区:四川西部山区、云南西部和北部山区、西藏东部和南部山区、华北太行山和北京西山地区、秦岭山区、鄂西、豫西山区、甘肃东南部山区、青海东部山区以及祁连山、昆仑山和天山等山区。此外,在东北西部和南部山区、华东部分山区以及华南、台湾、海南岛等山区,泥石流也有零星分布。

一、川西、滇北高山高原地区的泥石流

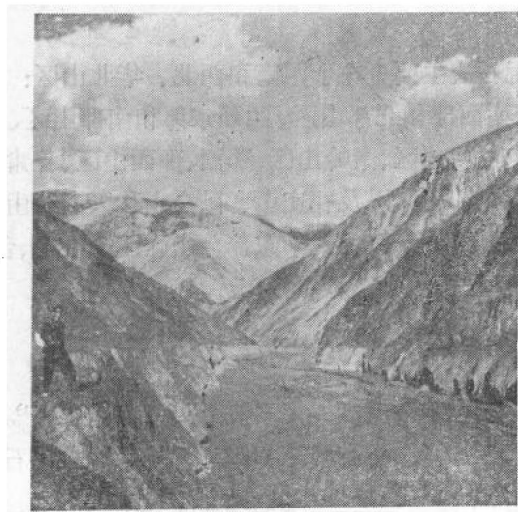
本区是我国暴雨成因的泥石流最为发育的地区¹⁾。云南东川地区、金沙江中下游沿岸和四川西昌地区是泥石流分布

1) 根据促使泥石流爆发的水源动力条件的不同,把泥石流分为暴雨型泥石流和冰川型泥石流。

集中、活动频繁、危害剧烈的三个地区。

云南东川地区，地处小江流域（小江是金沙江的一条支流），泥石流沟成群分布。每年雨季，泥石流连续爆发，中断交通，堵塞江河，严重危害当地的工农业生产和人民生命财产的安全。

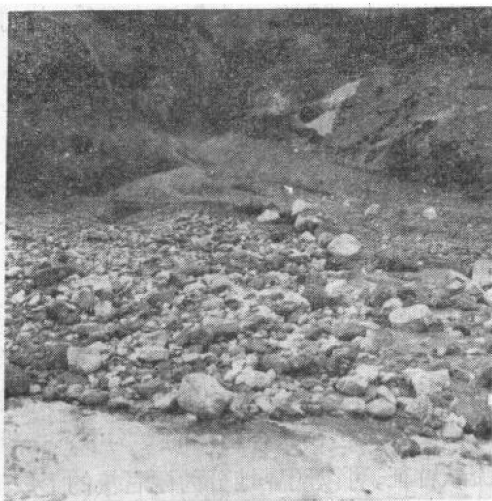
蒋家沟是东川地区最大的一条泥石流沟（照片 3），泥石流活动已有近二百年的历史。从这条沟冲出的泥石流使小江屡遭堵塞。据实地观测资料，蒋家沟每年排出山外的泥石流总量达 300—500 万立方米。该沟泥石流爆发十分频繁。如 1965 年爆发 28 次，1966 年爆发 17 次。1968 年一次泥石流冲出物达 34 万立方米，观测到的最大泥石流流速是 13.4 米/秒，冲出的最大石块直径为 5.73 米。这次泥石流冲垮了排洪道堤坝，堵塞了小江，致使小江断流，水位上涨 10 米，沿江的道路、桥涵和农田均被淹没。



照片 3 云南东川蒋家沟(这是该沟下游泥石流沟床)

云南西北部和南部高山峡谷地区的泥石流也很活跃，如某公路沿线就有泥石流多处，每年雨季都有爆发，影响交通。

金沙江中下游地段，有许多泥石流沟汇入，给此段航道的开发和利用带来麻烦。据实地调查，该段沿江两岸有溪沟数百条，几乎都有泥石流，其中经常酿成灾害的有 50—60 条。每年雨季，泥石流挟带大量砂石巨砾倾泄于金沙江之中，迫使江面狭窄，河床填高，形成急流险滩，有时甚至造成金沙江断流。如因民沟，1966 年 3 月间一次山崩，山崩堆积物达 42 万立方米，堵塞沟床形成天然大坝，嗣后大坝溃决，形成大股泥石流冲入金沙江，导致金沙江一度断流，形成了险滩。而金沙江上有名的“滩中之王”——老君滩，则是白沙坡沟内的山崩堆积物被泥石流带进金沙江造成的。老君滩长达数公里，是金沙江航道开发中最难整治的滩险（照片 4）。



照片 4 白沙坡沟将大量砾石和巨砾倾泄入金沙江，形成急流险滩

四川西部山区的大渡河、雅砻江、安宁河、流沙河、深水