

攀西地区的滑坡和泥石流的关系

(中国科学院成都地理研究所)

刘 恒 一

提 要

攀西地区位于四川省的西南部, 境内分布着50万立方米以上的自然滑坡220个、1万立方米以上的人工滑坡51个、活动的泥石流沟687条。分布在断陷槽谷或盆地周围的松散层中小型滑坡最容易转化成大规模的泥石流。分布在隆升构造单元内部高山峡谷区的大型基岩滑坡一般不容易转化成泥石流, 但少数严重破碎的也可能转化成特大型泥石流。断块差异活动区大量分布着中深层大型破碎的基岩滑坡, 受其影响多出现中小型的泥石流。

不同岩性的滑坡对泥石流形成的影响有所不同。残坡积松散堆积层滑坡和人为滑坡对泥石流形成的影响最大, 其次是普格达组粘土岩滑坡和砂页岩及煤系地层的基岩滑坡。碳酸盐地层的崩塌型滑坡也可能引起稀性泥石流。

四川省攀西地区, 位于四川省西南角的横断山区, 范围包括凉山彝族自治州和渡口市。该区土地辽阔, 水能资源和矿产资源十分丰富, 是一个亟待开发的宝地。然而攀西地区的泥石流灾害却非常严重。近年来, 随着经济建设的发展, 该区泥石流活动更趋频繁, 不少泥石流对城镇、工矿、交通干道以及水力工程造成重大危害, 并引起大量的水土流失, 使一些地区的生态环境遭到严重破坏。因此, 攀西地区的泥石流问题引起了有关决策部门的关注, 不少泥石流科技工作者先后在该区开展了大量的泥石流防治研究工作, 并取得了一批引人注目的科技成果。

滑坡作为泥石流的影响因素之一, 其破碎物质常成为一些泥石流的主要固体物质来源。滑坡对泥石流的性质、活动规律以及规模大小常起着重要的控制作用。例如, 喜德县城的东沟暴发过多次大的泥石流, 每次泥石流对县城、公路桥和铁路桥都构成严重威胁, 而该泥石流形成区分布的17个滑坡, 还可向泥石流提供42万立方米的固体物质, 这些滑坡的动态至今仍控制着泥石流的暴发频率及其规模; 又如滑坡对冕宁县浑水沟泥石流的控制作用更为显著, 该泥石流沟1982年暴发了一次粘性泥石流, 滑坡卷入物质达60多万立方米, 造成泥石流堵安宁河35分钟的严重灾害事故。

此外, 滑坡和泥石流在发育过程中往往相互影响。滑坡向泥石流提供固体物质, 促进泥石流暴发; 泥石流的暴发在形成区或流通区加深沟床、掏蚀坡脚, 为滑坡的发育创造良好的临空面, 诱使滑坡滑动。两者常形成恶性循环。因此深入研究泥石流区的滑坡发育和运动特征, 对泥石流的预测预报和治理都具有十分重要的参考意义。

一、泥石流和滑坡的区域分布特征

据初步调查统计, 攀西地区共有活动的各种类型泥石流沟687条, 50万立方米以上的自然滑

坡220个，1万立方米以上的人为滑坡51个。这些泥石流沟和滑坡的分布受区域地质构造、地壳的新构造运动、地形地貌和岩性条件、气象条件以及人类的开发活动等因素影响，分布具有明显的相关规律性。

区域地质构造，主要表现在纵贯该区的川滇南北向断裂构造带对泥石流沟和滑坡分布的影响。雅砻江以东的7条主要南北向断裂带，大部分通过脆性岩和中生代的砂页岩地层。受地层褶皱和断裂挤压的影响，侵入岩、喷发岩以及变质岩等脆性岩体，容易形成颗粒、碎片、棱块状的构造砂，砂页岩地层则容易形成角砾岩、风化土等松散破碎体。这些松散物质撒落堆积或者由滑坡搬运堆积在冲沟中，遇暴雨则容易发育成泥石流。川滇南北向的断裂构造对滑坡分布影响更为显著。该区出现的大型自然滑坡大部分都分布在各主要断裂构造带附近，滑动面往往缘陡倾角的岩层面或区域构造裂隙面发育。但一般情况是大型深层的自然滑坡，对泥石流活动的短期影响不明显；对泥石流活动短期影响明显的滑坡，主要是浅层中小型的残坡积松散堆积层滑坡，或大型自然滑坡的局部复活滑坡。

地壳的新构造运动对泥石流沟区域分布的影响尤其显著。攀西地区泥石流沟分布密集，近年活动频繁，规模以大中型为主的地区主要在断陷槽谷和断陷盆地区；其次在断块差异活动区。这些相对沉降的构造单元以沉积为主，泥石流则是沉积地区的一种特殊的山前沉积现象。泥石流的形成区和流通区又多处在剥蚀地貌单元，因而泥石流沟常出现在断陷宽谷地区的边缘山区。而这些边缘山区岩层破碎，坡度适中，有利于发育表层滑坡，因而在这些地区滑坡对泥石流发育的影响表现得十分明显。例如，安宁河断陷槽谷，是攀西地区泥石流最活跃的地区。该区分布坡面型泥石流沟192条，河谷型泥石流沟84条，泥石流的密度、活动频率及规模均居全区首位。该断陷槽谷沿安宁河深大断裂展布，断裂形成于晋宁期，中下更新世形成断陷带，晚更新世后形成西昌地堑。由于安宁河大断裂经历多次活动，所以断裂破碎带十分宽阔，在安宁河谷两侧断裂破碎带的斜坡上广泛发育了小型浅层滑坡。这些滑坡群为泥石流沟提供丰富的固体物质，从而使该区成为泥石流极活跃区。

黑水河河谷沿则木河断裂带形成比较狭窄的断陷槽谷。该区共发育各种类型的泥石流沟65条，数量居全区第三位。该区的滑坡以深层大型的基岩滑坡为主，因而滑坡对泥石流的影响不如安宁河槽谷突出。

此外，一些处于隆升构造单元内部的相对下沉山间盆地的泥石流也比较活跃，这与该地区分布的大量浅层滑坡有关。例如，昭觉—布拖和盐源等山间盆地，近年来河床沉积速度较快，其主要原因是由于大量的浅层滑坡转化成泥石流，每年向盆地河谷带入了大量的沉积物质。

雅砻江中下游处于断块差异活动区。由于地块位于西部强烈隆升和东部急剧下降的过渡带，断层活动性强，地层的区域构造裂隙发育，因而滑坡十分发育。该区滑坡多出现在砂页岩及煤系地层中，这些风化破碎的土质滑坡体容易引起粘性泥石流。该区泥石流沟的数量虽多，但由于滑坡多为大型深层基岩滑坡，对泥石流发育的影响较慢，因而大多数泥石流的规模比安宁河谷的小。

雅砻江断块差异活动区以西则为断块强烈上升区。该区河谷深切，形成陡峻的高山峡谷地貌，受斜坡卸荷效应的影响，广泛发育了大型深层滑坡，在滑坡危险区划图上该区属滑坡危险区。然而滑坡越大，特别是大型的基岩滑坡其完整性一般较好，对泥石流发育的影响不显著，因此该区泥石流沟的数量较少，泥石流的间歇期也较长；不过大型滑坡一旦转化成泥石流，其规模一般较大。

地形地貌条件对泥石流的分布影响也很大。泥石流沿冲沟发育，泥石流的出露海拔高程在同

一个流域一级支流高于干流、二级支流高于一级支流。然而滑坡分布高程只与相对高程关系密切，滑坡多发生在沟谷两侧相对高程1,000米以下、坡度小于55°的斜坡上，更高陡的斜坡其卸荷形式以崩塌为主，很少出现滑坡。

据统计，松散破碎的砂页岩、煤系地层和板岩、千枚岩等变质岩层以及玄武岩斜坡发生浅层滑坡的地形坡度多数介于25°—30°，昔格达组粘土岩的残坡积层有时在10°以下的缓坡上也能发育浅层滑坡。因此，本区泥石流分布区30°以下的缓坡沟谷，容易发育河谷型泥石流，而昔格达组地层出露地区，在更平缓的地形条件也可能发育河谷型泥石流。这些地区主要包括美姑河上游、越西河谷以及安宁河谷、盐源盆地、布拖盆地等泥石流区。坡度大于30°的陡坡谷地，则多发育坡面型泥石流，例如雅砻江中下游和黑水河谷的泥石流，多数都是坡面型泥石流，侵入岩的脆性岩体很少发生滑坡。这些地区的泥石流固体物质主要由脆性岩层风化剥落的岩屑提供。

攀西地区的泥石流主要为暴雨型泥石流，气候条件中的大气降雨量和降雨强度是激发泥石流的关键因素。该区属亚热带，多年平均降水量在1,000毫米以上，不仅雨量丰沛，而且降雨多集中在5—10月。雨季降雨占年降水量的70—90%，降雨特点是历时短、雨强大、范围窄，因此暴雨往往造成突发性的泥石流灾害。上述降雨条件对滑坡的发育影响也十分显著。据统计，该区90%以上的滑坡都发生在雨季，特别是与泥石流活动关系密切的松散破碎岩体的浅层滑坡，大部分都发生在雨季的降雨过程中。这些滑坡可很快转化成泥石流。

此外，人类毁林开荒破坏森林植被，在不少地区引起大量的表土滑坡。这些表土滑坡对泥石流的发育具有重大影响；工矿区的弃土弃渣堆积场滑坡转化成泥石流的现象更为普遍；另外，有的渠道外边坡受渠道渗漏和暴雨的共同影响，也容易发育坡面型泥石流。本区由人类活动而引起的泥石流和滑坡集中分布在渡口市、西昌市和各地零星的工矿区以及成昆铁路和山区公路沿线。

综上所述，根据各种因素的综合影响，攀西地区的泥石流沟分布密集区主要在安宁河谷、黑水河谷和美姑河中上游。这些地区的泥石流沟以河谷型泥石流占的比例较大，泥石流活动频繁，规模以大中型为主。泥石流沟密集区多处于滑坡次危险区，滑坡以浅、中层的中小型滑坡为主，偶然也发生大型深层滑坡；泥石流沟分布中等密度区主要包括雅砻江中下游，泥石流以坡面型为主，活动频繁，规模多属中小型。该区属滑坡危险区，区内大量分布着中深层的大型基岩滑坡；泥石流沟分布稀疏区主要在越西河谷和渡口至雷波的金沙江沿岸。这些地区虽然泥石流沟比较少，但河谷型的泥石流所占比例较大，规模多为大型或特大型，泥石流具有很大的破坏性。该区属滑坡危险区，以中深层的大型滑坡为主。

二、滑坡对泥石流形成的影响

泥石流的形成离不开松散的固体物质。泥石流的固体物质的来源有很多种，其中滑坡破碎物质往往是一些泥石流的主要固体物质来源。然而各种不同类型的滑坡因其形成条件和发育过程不同，对泥石流形成的影响也不一样。

1、残坡积松散堆积层滑坡对泥石流形成的影响

残坡积松散堆积层滑坡，在本区广泛分布于软弱岩层和破碎岩层出露的河谷和沟谷底部或地形较平缓的地区。这类滑坡对区内泥石流形成的影响最大，特别对沉降槽谷或盆地边缘山地发育的泥石流影响更显著，滑坡多在泥石流的形成区呈滑坡群分布。这些滑坡群源源不断地给泥石流提供丰富的固体物质，使之逐渐发育成河谷型泥石流。孤立出现在坡度较陡的斜坡上的残坡积层滑坡，往往形成小型的坡面泥石流。

这类滑坡的发育过程及其与泥石流的关系，一般是分布在沟谷两侧的残坡积松散堆积体受降雨渗透和冲沟流水冲刷的影响，常在暴雨过程中产生局部坍塌，滑入沟内阻挡溪流，从而促成泥石流暴发。泥石流之后由于坡脚被掏蚀，边坡前沿呈塑性蠕动，后缘被拉裂，逐渐发育成蠕滑——拉裂型滑坡。每暴发一次泥石流，滑坡前沿就往沟内滑移一段距离，为下次泥石流暴发作好固体物质准备，同时滑坡后缘不断往坡上后退，逐渐扩大泥石流的规模。此外，该区泥石流活动的间歇性比较明显，特别是2年和6年两种短暂间歇期的泥石流与该类滑坡的运动速度有很大关系。这类滑坡滑动速度一般都比较缓慢，常在雨季呈缓慢蠕动滑行，旱季则停止滑动，因此沟床中积累固体物质需要一定的时间。

砂页岩及煤系地层的残坡积层滑坡所控制形成的泥石流，多为粘性泥石流；玄武岩、板岩、片岩等残坡积层的滑坡由于呈粗粒结构，碎块之间粘滞性较差，滑坡的变形地质模式虽然也表现为蠕滑——拉裂型，但滑坡前沿常出现碎屑流，因此受这类滑坡影响而形成的泥石流多为稀性泥石流。

2、昔格达组粘土岩滑坡对泥石流形成的影响

本区昔格达组粘土岩滑坡，主要分布在渡口市、安宁河谷、盐源盆地、布拖盆地等昔格达组地层出露地区。昔格达组粘土岩粘粒含量高，力学强度低，风干状态下极易崩解，因而在粘土岩层的强风化层或残坡积层中容易发育滑坡。

该类滑坡的地质变形模式主要为蠕滑——拉裂型，少数为滑移——压裂型，按力学分类多属牵引式塑性滑坡，滑速一般都比较缓慢。昔格达组粘土岩滑坡转化成泥石流的过程，与残坡积松散堆积层的滑坡相似，由于该类滑坡体破碎物质的颗粒细小，粘粒含量高，受其影响形成的泥石流多为泥流式的粘性泥石流，规模一般比较小。

3、砂页岩及煤系地层滑坡对泥石流形成的影响

本区砂页岩及煤系地层的滑坡，大多数出现在断层破碎带附近或背斜轴部张性构造裂隙发育的斜坡上，滑动面多呈折线形。该类滑坡对泥石流形成的影响，主要取决于滑坡的完整性及所处的地形条件。

发生在该组地层内的许多切层或顺层大型深层基岩滑坡，多为宽展形的推移式滑坡，滑动速度一般都比较快。滑坡的剪出口如果位于坡脚以下，则滑坡体的完整性通常较好，滑坡不容易转化成大的泥石流，仅在滑坡体上发育的小冲沟中受局部坍塌的影响形成小规模短促的坡面型泥石流，例如雅砻江中下游许多小型的坡面型泥石流，多发育在这类滑坡两侧的冲沟中。有的滑坡滑动面剪出口高悬在斜坡上，形成崩塌型的滑坡，滑坡后壁岩体常常崩塌散落堆积在滑坡后缘，使滑坡体十分破碎，极有利于冲沟发育。另外，滑坡体内经受扰动的砂页岩岩石易风化泥质组分，使滑坡体变得更松散，因此该类滑坡常引起大型泥石流。例如，雅砻江下游支沟的下荒田泥石流，则是由于崩塌型的冉坪子滑坡引起，泥石流暴发频繁，规模多为大中型。

4、碳酸盐地层滑坡对泥石流形成的影响

本区的碳酸盐地层滑坡，主要有两种形成机制不同的灰岩地层滑坡：一种是沿灰岩软弱夹层发育的顺层基岩滑坡；另一种是岩溶塌陷型滑坡。这两种滑坡的破碎物质在一些地区可形成规模较小的稀性泥石流。

灰岩顺层滑坡一般发生在岩层倾向与坡向一致、岩层倾角大于 30° 、斜坡坡角大于岩层倾角的灰岩斜坡上，坡体沿灰岩软弱夹层重力向下滑移，滑坡体下部岩层受阻变弯曲，最后导致崩毁，形成快速的崩塌型滑坡。这种滑坡体十分破碎，滑坡碎块堆积在冲沟中，容易引起稀性泥石流。

流。

岩溶塌陷型滑坡是由于溶洞塌陷而成，滑坡多呈长条形。该类滑坡后缘常表现为垂直陷落，前沿被挤出，往往形成崩塌，滑坡体的水平位移量不大，因此岩溶塌陷型滑坡体大多数都没有顺层滑坡体破碎。受溶洞地下水和暴雨的影响，该类滑坡在有的地区也可能引起小规模的非饱和性泥石流。

碳酸盐岩层老滑坡的破碎物质，容易受地下水的影响产生不同程度的胶结，因而老滑坡地区不容易出现泥石流。本区由灰岩滑坡引起的泥石流，主要分布在雅砻江上游及金沙江的一些河谷地带。

5、人为滑坡对泥石流形成的影响

本区随着采矿业、建筑业以及其它各行各业经济建设事业的迅猛发展，出现了大量的人为滑坡。人为滑坡多数结构疏松，容易形成泥石流。近年攀西地区的区域性泥石流活动频繁，与人类活动，特别是人为滑坡的大量出现有着密切关系。

人为滑坡主要由开挖边坡、工矿业的弃渣弃土增大坡体荷载、工程渗水以及人工爆破等活动引起。由开挖边坡和爆破引起的自然边坡的滑坡，对泥石流形成的影响与上述同种岩性的自然滑坡的影响相似。

出现在开挖场地的外边坡或矿区的弃土弃渣堆积场滑坡，滑动面多数沿着新老土石界面发育，滑坡一般在雨季活动。砂页岩土石堆积体滑坡多发育成塑流型或土爬式的滑坡，由此形成的泥石流常为粘性泥石流。在坚硬矿渣碎石堆积体上发育的滑坡，雨季常以碎屑流的形式活动，容易转化为非饱和性泥石流。弃土弃渣滑坡引起的泥石流活动频繁，间歇期短，最快的当年堆积当年便可以发育成滑坡并转化成泥石流。此外，如果弃土是堆积在活动的滑坡体上，则往往加速滑坡运动，造成大规模的泥石流灾害。例如，昭觉县城后山泥石流沟内砂页岩及煤系地层中的顺层滑坡发育，有不少煤矿的进出口却布局在滑坡附近，大量的煤矸石倾倒在滑坡的中上部，引起滑坡活动加剧，从而造成后山泥石流频繁暴发，对昭觉县城的河滩新区构成严重威胁。

在渠道沿线、排水设施较差的山区城镇以及森林植被遭到严重破坏的山区农村，常常由于渠道渗水、生产生活用水、农田灌溉以及大气降雨等大量的地表水渗入坡体而引起滑坡。这类滑坡运动速度一般都比较缓慢，多为浅层牵引式塑性滑坡，由此引起的泥石流一般是小型的坡面型泥石流。

三、结束语

攀西地区泥石流的分布与滑坡的分布关系非常密切。对泥石流的发育影响最大的滑坡主要是分布在断陷槽谷或盆地周围的残坡积层的浅中层滑坡群，以及矿区的弃土弃渣堆积层滑坡。这些滑坡在暴雨期间加速滑动，堵沟成坝，边堵边溃，泥石流像滚雪球似的越滚越大，最后形成大规模的泥石流。分布在隆升构造单元高山狭谷区的滑坡多为大型基岩滑坡，多数滑坡体比较完整，一般不容易很快转化成泥石流。少数破碎的大型基岩滑坡体可转化成大型或特大型泥石流，容易造成严重的泥石流灾害。隆升地区小型孤立的残坡积层滑坡，多数容易转化成短促的坡面型泥石流。

对本区泥石流的形成影响较大的滑坡类型主要有残坡积松散堆积层滑坡、昔格达组粘土岩地层滑坡、砂页岩及煤系地层的崩塌型滑坡以及弃土弃渣堆积场的人为滑坡。滑坡的运动速度对泥石流活动周期的影响也比较显著，例如雅砻江的支沟下荒田泥石流沟内的冉坪子滑坡，发育在砂页岩地层的断裂破碎带附近，滑坡运动速度较快，向滑坡后缘的扩张速度亦很快，因而该沟自1930

年首次暴发泥石流以来，每年都要暴发10余次。如果滑坡的运动速度缓慢，再配上其它因素的制约，泥石流活动往往具有较长的间歇期。

THE RELATIONSHIP BETWEEN LANDSLIDE AND DEBRIS FLOW IN PANXI REGION, SICHUAN PROVINCE

Liu Hengyi

(Chengdu Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

The Panxi Region is located in southwest Sichuan, where there are 220 natural landslides of more than 500,000 cubic metre and 51 man-made landslides of more than 10,000 cubic metres and 687 movable debrisflow ditches. The landslides of the middle and small-scale distributed in the edge of fault trough or basin are most easily transformed into huge debris flow. The large-scale bedrock landslides distributed in valley of the strong uplifted are not easily transformed into debris flow, but the specific broken landslides transformed into large-scale debris flow will be possible. The most large-scale bedrock landslides distributed in the lump of fault differ in movability are easily transformed into middle and small-scale debris flow.

The landslides differ in lithology have different influence for debris flow. The landslides of the loose pile layer and man-made are strong, then the bedrock landslides of Xigeda Formation clay rock and sandy shale strata and coal strata. The landslides in limestone strata are possible to form thin debris flow.