

西南山地特大崩塌、滑坡和 泥石流灾害综述

邱洁华 刘新民

(中国科学院成都地理研究所)

西南地区是我国山地最多、最陡、最高的地区之一，历史上曾发生过许多破坏性的崩塌、滑坡和泥石流灾害（以下简称特大灾害）。这些特大灾害的共同特点是成灾时间短暂，规模巨大，多次重复出现，往往给国民经济建设和人民生命财产带来巨大损失。它早已为生产、科研、教学部门所关注，但是对这些区域性的特大灾害资料的系统收集和整理深感贫乏。本文根据实地考察和历史资料，试图探讨其分布特点及成因，并对研究方法、防治对策提出肤浅的看法，为同行深入研究提供基本素材。

一、西南山地特大崩塌、滑坡和泥石流灾害实例

1. 崩塌和雪崩。1786年，四川康定磨西地震，引起大渡河右岸木岗岭发生崩塌。崩塌体堵塞大渡河，断流10天后复大震而溃堤，一泻千里，下游泛滥成灾，沿岸村镇一扫而光。在距下游150公里的汉源县娃娃营、相泗营一带，大渡河水位陡涨25米。两村被冲刷殆尽。

距今200年左右，西藏八宿县雅鲁藏布江大支流泊龙藏布江上游的然乌湖，湖面海拔3,800米，湖长26公里，平均宽度1—2公里，是崩塌堵江造成的。至今山岭上冰雪覆盖，有小型冰斗和悬冰川分布。谷坡支沟上出现跌水急流下泻，湖盆坡麓形成扇形岩屑堆。右岸为多次古冰川作用遗留下来的冰碛垄丘陵低山。现今然乌湖下游到出口，两岸出露粗粒花岗岩体，湖口是悬崖陡壁，陡壁下方是宽约400米的崩积平台，巨大的花岗岩块堵塞湖口，从现在湖口的地形和堆积物分析，然乌湖的直接成因是崩塌堵江成湖，左岸支沟巨大的冰川泥石流的作用对湖泊的成因是有影响的。

1933年8月25日，四川茂汶迭溪大地震，古城为地震、滑坡、崩塌所毁灭，岷江西岸的吉白沟、龙池、石咀等11个村寨因山崩倒塌，其中烧炭沟、白腊等村寨全部崩入江中。迭溪和点将台之间的滑坡长400米，宽1,300米，土石方量约1.5亿立方米。岷江附近两岸山体崩塌，堆积成三座高达100余米的堆石坝，堵岷江成湖，蓄水4—5亿立方米。当年10月9日最下游的堆石坝溃决，水头高达40余米，顺河奔腾而下，席卷两岸村镇，至下游约100公里的灌县为止。迭溪地震、崩塌、滑坡共死9,300余人，受伤者1,900余人，倒塌房屋5,100余间。

西藏察隅河东支流桑曲河下游距八嘎村2公里的八嘎湖，湖面标高1,775米，湖长1公里，宽400米。据访查，1950年察隅地区大地震，八嘎湖右岸山岭形成大型地裂缝。1959年雨季，在原来地裂缝的基础上发生了巨大的崩塌，整个半座山垮落谷底，堵塞桑曲河谷，形成相对高差150米左右的堆石坝，堵水断流7天。目前湖中尚有大片被淹枯的树木残迹，之后湖水沿左岸穿坝泄

水成外流湖，水面宽仅10米。

1950—1953年，西藏古乡沟发生大规模的雪崩，冰体从海拔600米左右的山峰以压顶之势崩落而下，并以弹射的方式飞出山外，途经峡谷时将两岸森林击毁。参天大树被拦腰剪断或打光枝叶，随雪崩飞出的碎石岩块深嵌于树干之中。

2、滑坡。1954年，西藏年楚河因冰川强烈消融形成滑坡。据调查，年楚河上游的桑王湖，它的南面山坡上有两个冰斗，悬冰川直伸到湖岸。当年7月26日天气闷热，冰川强烈消融滑入湖内，湖水立即暴涨决堤下泻，估计有2.5亿立方米的水注入年楚河，江孜河、日喀则沿河两岸泛滥成灾，淹没农田8万余亩，使407人丧命。

1965年11月20—23日，云南禄劝县北部普渡河支沟发生了空前大滑坡。滑坡发生前，地面出现长达200—300米的地裂缝，11月22日晚上，地裂缝急剧扩大加深，第一次开始滑动，滑体达2.5亿立方米；第二次、第三次滑动是在23日晚上，滑体分别为5,000万立方米和900万立方米。由于相对高差大，山体陡峻，滑坡和崩塌体顺沟谷高速滑动5—6公里之后，受鲁干大山的阻挡，突然停积下来。据记录，由碰撞形成3.7级地震。滑坡堆积物在普渡河形成长1,100米的堆石坝，坝体面积2.2平方公里，坝体截流后形成蓄水500万立方米的海子。1966年7月大坝溃决形成强大的泥石流，大量岩块冲入金沙江，使一丙等险滩恶化成乙等险滩。

1967年6月8日，四川省雅江县孜河区唐古栋一带，因重力滑坡造成雅江被堵，断流达9昼夜。滑坡相对高差1,030米，最大水平距离1,900米，宽1,300米，总面积为1.7平方公里。滑体土石方量达6,800万立方米，形成天然堆石坝，左岸坝高355米，右岸坝高175米，坝宽200米。回水区长53公里，在坝下游200—300公里范围内出现全年最低水位，几天后水流漫顶溃坝，在极短的时间内，坝以下水位变幅12—20米，最大流量5,300立方米/秒。这一洪峰以4—8米/秒的速度向下游涌进，使距滑坡1,300公里的金沙江与雅砻江的汇合处——三堆子附近水位上涨14.5米。

1971年8月4日，四川省汉源县富林公社麦地坡发生崩塌滑坡，使长300米、宽200米的昔格达湖相地层(Q₁)，在3—5分钟的时间内迅速滑动。滑体达70万立方米，前缘滑体越沟而过，冲上原来高出地面15米的平台，形成高约20米、宽200米的土坝，上游积水成湖，保存至今（水源不大）。

1980年成昆铁路铁西车站昆端瓦底沟附近的牛日河左岸，因路基下开采了石料而触发滑坡，滑体约20万立方米，其中有6万立方米的滑体挤压在铁路路基上，使铁路停车运行40天，造成了我国铁路史上罕见的灾难。

1981年7—9三个月，四川省普降暴雨，因暴雨触发产生滑坡达6万余处，成昆、宝成铁路多次中断。大中型农田灌溉渠道被滑体堵塞，仅人民渠就出现滑坡3,000余处。

1982年7月16日，四川省云阳县城东0.5公里的长江左岸，暴雨触发老滑坡复活，滑体总方量近1,300万立方米，堕入长江的滑体达110万立方米，使云阳一段航道变浅变窄，形成长达700米的险滩，曾一度威胁着航运，后经爆破泄水方能正常营运。

3、泥石流。1900年左右，西藏波密县境内的泊龙藏布江右岸的易贡布江下游，发生特大泥石流堵江，形成易贡湖，湖面海拔2,150米，长16公里，宽2公里，最大水深25米，积水3.3亿立方米。

1953年9月29日，西藏古乡沟沟口突然暴发泥石流，到午夜1时左右停止。泥石流暴发时4公里以外可以听到吼声，峡谷内烟雾弥漫，火花飞溅，整个大地都在颤动。泥石流所到之处，原始森林被击毁，农田房舍被淹没，冲积物在山外形成一扇形石海，并堵断波斗藏布江，之后冲到对岸高几十米的阶地上，江水受壅成湖，上游水位猛涨50—60米，淹没大片农田和森林。这次特大泥

石流总流量达1,710万立方米,其中固体物质达1,000万立方米。

1964年6月18日—8月17日,古乡沟上游区冰碛物沟谷发生崩塌648次,泥石流515次。同年7月22日一天就发生崩塌36次,估算崩塌量300万立方米以上。

云南省小江流域,从响水河口至金沙江边,广泛发育着泥石流,在小江与金沙江的汇口处形成一宽大的堆积扇楔入金沙江,使金沙江水面减少 $2/5$,其中蒋家沟泥石流1965年就暴发了28次。据观察,一条较大的泥石流一年搬运泥沙、石块总量达300—500万立方米。

1971年云南省易门狮山分矿菜园河一侧,发生大规模崩塌,崩塌体总量达700万立方米以上,成为泥石流的主要固体物质。崩塌体堕落后形成一座堆石坝,坝高46米,底宽910米。自1973年以来,年年发生泥石流,1976年一次泥石流将100万立方米的松散固体物质带到了下游。

1974年9月,四川省南江县白梅垭,暴雨和地下水触发山体滑动,滑体后缘高程1,650米,滑体纵长1,000米,总计下滑物质700万立方米。滑体滑动之后,以每秒20米的速度向下运动。由于撞击和搅拌的过程中转化为稠度很大的泥石流,在5分钟内流动3.5公里堆积于齐平寺以下的宽谷中。堆积物堵断板桥沟,形成一小水库,蓄水13万立方米。

云南个旧市老熊洞,1975年6月16日发生了滑坡型泥石流,滑体后缘高程1,970米,剪出口高程1,820米,滑坡以每秒60米的速度直泻沟底后受对面山坡阻挡,爬高30米,又几乎成直角折向下游,堆积面积达1万平方米。堆积物体积达17.28万立方米。

1981年7月8日,成昆铁路北段因暴雨触发利子依达沟特大泥石流。泥石流龙头高达20多米,卷席着100—200万立方米的巨大石块奔腾而下,将横跨在这条沟上的铁路桥拦腰冲断,正在桥上通过的客车前部分,连同两孔桥一起推入大渡河,造成422次旅客列车遇难,两个内燃机车头、一节行李邮政车厢和一节客车堕入大渡河无踪无影。另外两节客车翻倒在离桥10多米的大渡河边,造成了我国铁路史上又一罕见的灾难。

二、西南山地特大崩塌、滑坡和泥石流的分布特点及成因分析

西南山地特大灾害的出现并非偶然的产物,它是在漫长的地质历史进程中逐步形成的。具体说来,它与该区地质构造、特别是晚近活动构造、地貌、第四纪冰川流水的作用密切相关,其中地质构造作用与灾害之间还存在着前因后果的关系。

目前西南地区已查明的构造体系,有青、藏、川、滇“歹”字型构造体系,帕米尔—喜马拉雅“歹”字型构造体系;川滇,三江径向构造体系;云南山字型、盐源山字型、镇江山字型构造体系;金汤弧型、木里弧型构造体系等。这些构造体系至少在中生代晚期开始出现,燕山运动及喜马拉雅山运动得到进一步加深改造,形成了一系列的、错综复杂的高山峡谷及断陷盆地。特别是第四纪以来,新构造活动加剧,青藏高原强烈抬升,使第三系、第四系地层遭受破坏,形成我国自然地理上第一阶梯和第二阶梯。时至今日,在阶梯之间的交接地带,地震活动频繁,有不少高温气泉和地热蒸气喷出地表。云南腾冲一带还有现代火山喷发。由于各构造体系之间发展演化时间不同,构造特点不同,特别是新构造活动的差异性,它反映出灾害发生的部位、规模、强度,频率也不尽相同。

特大灾害集中分布于以四川康定为中心,包括甘孜、炉霍、康定、石棉、马边在内的青、藏、川、滇“歹”字型构造体系,由西向东、再向南作弧形急剧转湾的外弧边缘地带,北与龙门山北东向华夏系、新华夏系,南与川滇经向系交汇、穿插。晚近构造活动强烈,相对高差特大,岩体显得十分破碎。据地震目录统计,这一带历史上曾发生7级以上的地震5次,一次发生在距今200年左右,一次发生在二十年代,其余三次发生在解放以后。康定城南拱猪桥古滑坡发生在距今8,000年左

右(C¹⁴测定)。据地质地貌推测,该古滑坡曾堵断折多河,尔后壅水成湖,迄今湖岸尚可辨认。1981年康定人民医院在整治泥石流开挖基坑过程中,地面以下5米见到被泥石流埋没的房屋。著名的成昆铁路西滑坡和利子依达沟泥石流,都发生在这一带的中南段。

特大灾害多集中地分布于以松潘、平武、茂汶为中心,挟持在川滇南北构造带北段以东、秦岭纬向构造带以南、北东向龙门山构造带以北的地带。1933年曾发生7.5级迭溪大地震,由地震引起的山崩、滑坡堵断岷江溃坝,波及到下游灌县为止。1976年松平地区发生了7.2级强震两次,由地震引起的山崩、滑坡给人们带来了莫大的灾难。1984年7月18日,四川省南坪县发生的一场暴雨泥石流,仅3—5分钟的时间,造成25人丧命,毁房960余间;城镇受灾326户,计1,782人,其中无家可归达1,237人;三座水电站不能正常使用,电提灌站8处受损;冲毁土地776亩,淹没土地445亩;邮电通讯倒杆断线95处。因泥石流造成的经济总损失1,494万元。据统计,岷江杂谷脑至三脚坝两岸,现有滑坡泥石流153处,平均每公里1.7处。1977年,岷江上游山洪暴发,引起公路塌方187处,土石方量达22万立方米,冲毁桥涵48座、路基181处,损失折合人民币120万元。1984年7月成都—阿坝公路在汶川境内因滑坡受阻,造成阿坝州境内工厂、矿山原材料运不进,产品运不出的被动局面达1月之久。

特大灾害集中分布于以西昌、渡口、巧家和东川呈带状分布的川滇经向系与龙门山华夏系、新华夏系,云南山字型构造体系相互穿插交汇的地带。这一带地史上一直处于差异性抬升强烈的地段。据地震目录统计,该带曾发生过7级以上的地震5次,都集中分布于南北向构造带的两侧;西昌黑沙河泥石流、二滩金洞山滑坡、云南录劝滑坡等,都发生在强烈上升区中的相对稳定地块;东川小江流域泥石流,则发生在强烈上升的地段。

特大灾害还集中的分布于丽江、大理、龙陵、腾冲、普洱的三江经向构造体系中南段与“歹”字型构造体系中部分支向东南撒开相互穿插部位。据地震目录统计,历史上曾发生8级地震一次(公元1515年);7级以上地震6次,其中有多次发生在解放以后。1976年龙陵发生的两次强震伴随大规模的滑坡、泥石流产生,仅广下河泥石流沟,一次就将100万立方米的固体物质带到了13公里以外的芒市坪坝,冲毁和淹没农田4,000余亩。著名的大盈江流域泥石流,多年来一直在破坏两岸的土地和村舍。

需要指出的是,该段芒康、巴塘以南沿泸水、碧江、维西一带的三江经向构造带,在地质历史上虽遭受强烈褶皱挤压,只因构造单一,缺少其它构造干扰,所以未出现7级以上的强震,特大型的山崩、滑坡和泥石流也少见。

特大崩塌、滑坡和泥石流灾害还分布在以藏东南,以南加巴瓦为中心的波密、墨脱、察隅一带。该带构造上属青藏“歹”字型构造体系首尾相联、急剧作弧形转弯的内环地带,也是迄今世界上地壳上升最强烈的地方。1947年、1950年分别发生了7.5级、8级强震。历史上曾发生过特大规模的山崩、滑坡和泥石流,堵江壅水成湖,如八宿县然乌湖、察隅县八嘎湖、波密县易贡湖等。

西南山地这类特大灾害从地貌上看,还多分布在山间断陷盆地沿山体强烈抬升的一侧,多级古夷平面之间的折坡地带,宽缓河流古阶地两侧以及古冰川堆积物广布、现代冰川作用强烈的高山和极高山地区:

1.特大灾害多发生在断陷盆地沿山体强烈上升一侧。西南地区,地史上受印支—燕山运动的影响,形成了一系列的山间大型断陷盆地,如川西安宁河,元谋、剑川、丽江、鹤庆、洱海等盆地。这些山间盆地其构造活动特点是一升一降,地表形成巨大高差,水动力条件良好,山区河流把大量固体物质搬运出山口。这时水动力条件减缓,大量固体物质堆积于山前,形成巨大的泥石流堆积物,地史上的泥石流堆积物已成为洪积平原的重要组成部分。这类作用现今规模上虽比地

质历史时期为小,但给人类带来的灾害是相当大的,如川西断陷盆地沿龙门山山前一侧的湍江、绵远河出山口的泥石流,安宁河断陷盆地东侧沿落吉山西麓一带的滑坡、泥石流都比较典型。

2、这类特大灾害多出现在夷平面之间的折坡地带,宽缓河流古阶地的两侧及现代河流阶地前缘。自第四纪以来,受新构造掀升运动的影响,造成川西、滇北古夷平面南仰北倾,也迫使金沙江、雅砻江、大渡河等以嵌入曲流的方式追踪早期流路南下。之后受地壳间歇性差异抬升的影响,川西滇北统一的夷平面解体成多级夷平面。夷平面之下出现2—3级宽缓的河流古阶地和8—12级河流阶地。与此同时,河流追踪互相切割的构造线发育,造成水系流路混乱,在金沙江、雅砻江、大渡河出现急剧大转弯的地段。河谷深切达3,000米以上。在夷平面之间的折坡地段,宽缓河流古阶地两侧,现代河流阶地的前缘是特大山崩、滑坡和泥石流灾害广泛分布的地方。如1786年康定南磨西大地震,引起大渡河右岸高台地发生崩塌,曾堵断大渡河9天9夜;1967年雅砻江唐古拉大滑坡造成的堵江溃坝,曾波及到1,300公里以下的渡口市三堆子。

3、特大灾害多分布在高山和极高山地区。第四纪地质历史时期,一般学者认为西南山地曾遭受过2—3次古冰川作用,古冰碛物分布极为广泛,至今海拔4,500—5,000米的高山和极高山地区还为冰雪覆盖,如贡嘎山、雀儿山、玉龙雪山、哈帕雪山及南加巴瓦峰、希夏邦马峰、珠穆朗玛峰四周。每当夏秋之际,冰雪消融,汇成强大的冰川泥石流。最为典型的例子是贡嘎山东侧的海螺沟、磨子沟、燕子沟、南门关沟冰川泥石流,堆积物厚度可达50米以上。贡嘎山南侧的坝王沟冰川泥石流,曾堵断田湾河成湖,现今还可见到湖中枯树林立,树干直径达30—50厘米。藏东南的南加巴瓦峰四周,雪崩、滑坡、冰川泥石流堵江,毁坏森林、农田、村舍更为严重(见实例的崩塌和雪崩)。

综合上述,可以得出如下几点认识:

1、西南山地特大灾害,多发生在“歹”字型构造体系急剧作弧形转弯的地带,构造体系之间互相穿插交汇的地段和晚近构造活动强烈的地段;多发生在断陷盆地沿山体强烈抬升一侧,多级夷平面的折坡地段,有宽缓河流古阶地及现代河流阶地的两侧;多发生在古冰碛物分布广泛,现代冰川作用强烈的高山和极高山地区。

2、特大灾害的出现,是地质历史的重演,从这类灾害与地质构造背景在分布的一致性上看,内动力起着主导作用,绝非单一外动力作用的产物。似乎可以认为,早期构造作用留下的隐患,在后期外动力作用下得到反映,前者为后者创造条件,后者加速了灾害的发育过程。

3、这个地区特大山崩、滑坡和泥石流,在空间展布上多集中在地壳强烈上升区的相对稳定地段,可能与特大灾害有长时间的发育过程有关。这一点必须引起水电站建设选坝时注意,如二滩电站坝址在强烈上升区的相对稳定地段,因而附近出现了金洞山巨型滑坡。

3、特大灾害出现之前,绝大多数有一系列的信息和前兆,诸如地震、特大暴雨、山体出现地裂缝、山坡上小块崩塌、建筑变形、地声等。人们可以根据这些信息和前兆进行预测和设防。

三、西南特大崩塌、滑坡和泥石流灾害的研究方法及防治对策

西南山地特大灾害活动频繁,波及范围广,造成灾害严重,引起了有关部门的普遍重视。解放以来,先后有铁道部西北铁科所、兰州冰川所、西南地震大队、成都地理所等成立了专门的研究机构,其它矿山、交通、地质、水利等部门对这类灾害作了大量点上的考察工作,但远不能满足工农业生产建设的需要。当前迫切需要开展以下工作:

1、加强区域环境地质的研究,特别是要加强新生代以来地质发展史的研究,(下转第51页)

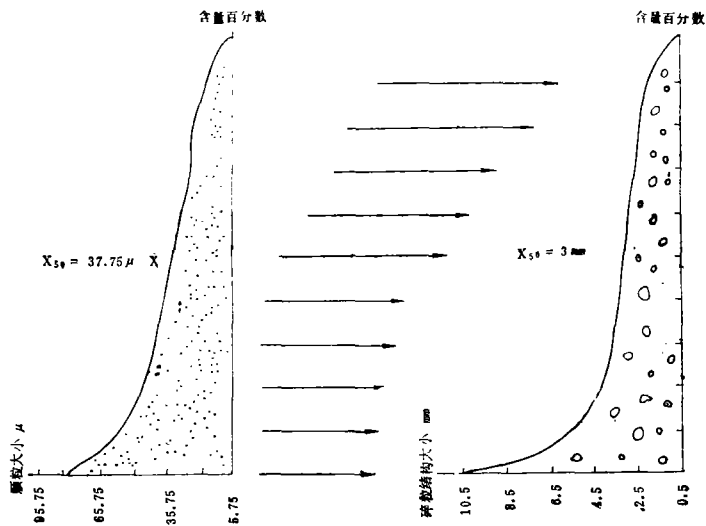


图3 酒勒山滑坡前缘土体的原始颗粒与形成碎粒结构大小

动力学与动力学分带性的某些特征。归纳起来，在上带失稳后的土体，沿 70° 陡峭的滑面下滑，垂直运动的分量占相当大的比例，土体内部主要受到自重的作用。由于这一段土体是处于势能向动能转换的阶段，运动速度比较小，土体形成块状破坏，破碎的大块土体内还保持着原有的结构。这是滑坡的动力来源段；中带滑面的高程已经降低，土体的重心下移，滑床部分的滑面倾角变得平缓，滑动主要是水平运动，运动速度增大。这段土体受到上带土体的强大阻力，前方又受到下带土体的阻碍，所以土体形成若干条带状的土垄地形。内部挤压破碎成棱块状结构；下带的特点则是受到中带土体的快速推动，由于滑舌前缘存在着自由空间，因此，土体运动速度快，并向四周撒开。但由于酒勒山的滑坡前舌局部受到那勒寺河南岸二级阶地坎壁的阻挡，增大了滑坡体前进的阻力，而使这部分土体比较彻底地破碎，形成碎粒结构。

通过用松散土膜状大标本对酒勒山滑坡的研究，我们感到这种膜状标本有许多优点，并且可以向更广的研究领域中推广。

（上接第47页）这是因为灾害的产生和区域地质条件密切相关。往往区域地质作用的规律，在一定程度上反映出崩塌、滑坡和泥石流灾害作用的规律，它是预测预报这类灾害的基础；

2、为满足国家能源开发的需要，建议对金沙江、雅砻江、大渡河等进行地质灾害的综合考察，同时编制西南山地灾害分布图；

3、建立全区山地灾害长期观测网点（象现在已建的地震台站、东川泥石流观测站、二滩金洞山滑坡观测站），对一些即将发生的重大地质灾害更要进行监测，一旦灾害发生要做到有防有备。如1981年嘉陵江大支流——白龙江丹曲滑坡堵江，因事前有所准备，及时炸坝泄水，避免了一场重大事故的发生；

4、建立全区特大地质灾害的管理机构和研究中心，结合亟待开发的西南水电优势，拟定部署工作计划，协调各单位业务；

5、建议创办“山地灾害”杂志，建立全区情报网点，作为联系分散在各地的专业队伍学术交流的园地。