

新滩滑坡征兆及其成功的监测预报

湖北省西陵峡岩崩调查工作处

新滩滑坡位于湖北省宜昌市长江上游72公里、秭归县兵书宝剑峡出口处的龙江区新滩镇山坡(图1)。1985年6月12日凌晨3点45分至4点20分,发生了总计3,000余万立方米的崩坡积层整体滑移。高速飞出的土石将新滩镇全部摧毁,在江内激起巨浪54米。滑坡前,湖北省西陵峡岩崩调查工作处及时准确地预报,省、地、县各级政府撤离措施果断、有效,滑区内457户1,371人,无一人员伤亡。

这次滑坡,是不可抗拒的毁灭性自然灾害。在滑坡史上,“这次大规模的滑坡及时准确预报成功,不仅在国内,而且在国际上来说是罕见的。”被人们誉为起的世界奇迹!

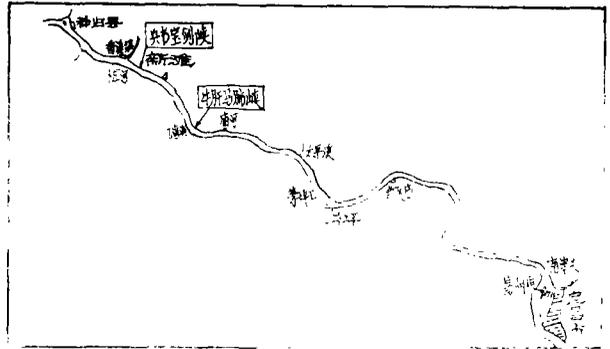


图1 新滩滑坡地理位置图

新滩滑坡概况

新滩滑坡指广家崖坡脚—姜

家坡—新滩镇一线斜坡,原为长江西陵峡岩崩区六大隐患之一,但不是以往调研工作的重点,重点在新滩对岸链子崖八至十二号裂缝地段的250万立方米危岩体是否整体滑移。

新滩江段,在葛洲坝水利枢纽工程大江未截流前,是历史上有名的急流险滩——新滩“鬼门关”。“蜀道青天不可上,横飞白练三千丈”、“羁游如此其无策,独立凄然黯怆神”,这些诗句就是昔日险滩的生动写照。县志记载说:楚蜀诸滩,“其中危险者莫若新滩。见新滩知瞿塘滟滪非险关”。这个急流险滩由上中下三滩组成,长1公里,落差8米。南岸链子崖,北岸黄崖,遥相对峙,悬崖峭壁,紧抱大江。江床狭窄,礁石林立,水流湍急,泡旋迭起。冬春水落,上水轮船非绞滩牵引不能上。洪峰期间,常被迫封航停航。

滩险的形成,由江岸岸坡失稳,大规模崩塌而产生。据秭归县志《归州志》、《水经注》记载:新滩原名“豪三峡”,“始平坦,无滩”,是归州八大胜景之一——新滩寒雪,奇景壮观。后因山崩滑坡而得名。危害巨大的崩滑曾发生多次。汉永元十二年(公元101年),“崩填溪水,压杀百余人”;晋太元二年(公元378年),“山又崩。当崩之日,水逆流百余里,涌起数十丈”;宋天圣七年(公元1030年)“拔出山崩,水石喷薄”,“害舟不可胜计”,堵江二十余年,

至皇佑三年（公元1052年）才疏通；明嘉靖二十一年（公元1543年），久雨暴雨，“新滩北岸山崩五里，逆浪百余里，江塞，舟楫不通，压居民百余户”，堵江82年，到天启四年（公元1625年）才疏通。其后，局部的崩滑不断。调查结果，1923年、1931年、1936年、1958年、1964年等，都曾发生过数万立方米、数十万立方米到数百万立方米不等的，危害程度不同的崩滑。

这次滑坡，自1964年广家崖崩塌产生裂缝以来，经过蠕变到剧变，1982年呈现古滑坡复活，1983年出现整体滑移趋势，1984年发展具备整体滑移的边界条件，主滑方向南南西，于1985年6月12日凌晨发生了大规模的推移式滑移。

滑体先是从中部高程380—400米一带剪出，估计方量500余万立方米，大部份沿西侧沟槽飞泻入江，直冲江南岸；另一部分因地形控制受阻快速跃出，掩埋摧毁了新滩镇，导致上下滑体后推前挤大规模朝江滑动。

初步调查结果，新滩滑坡南北长1.7公里，东西平均宽400米，面积0.68平方公里，总计方量3,000余万立方米。滑体后缘有40—50米高的座落壁，西缘有高50—60米的断落壁（目击者反映，大滑动刚止时为100—120米，后崩滑填起），东缘高程600米以上座落壁高10—20米，高程600米以下至江边数百米长，出现了高3—15米的土石“翻边埂”。整个滑坡体各部滑距不一。中部高程380—630米地段滑移最远，下滑江中；高程630米以上至广家崖坡脚，据滚落的监测点和原石灰窑测算，滑距160余米；380米以下，从现存房子遗迹实测，下沉了18米，向江滑移了82.5米。新的滑体形成比原地貌为陡的五级台阶（图2），陡坎高达40—60米，部分原地貌还依稀可见。

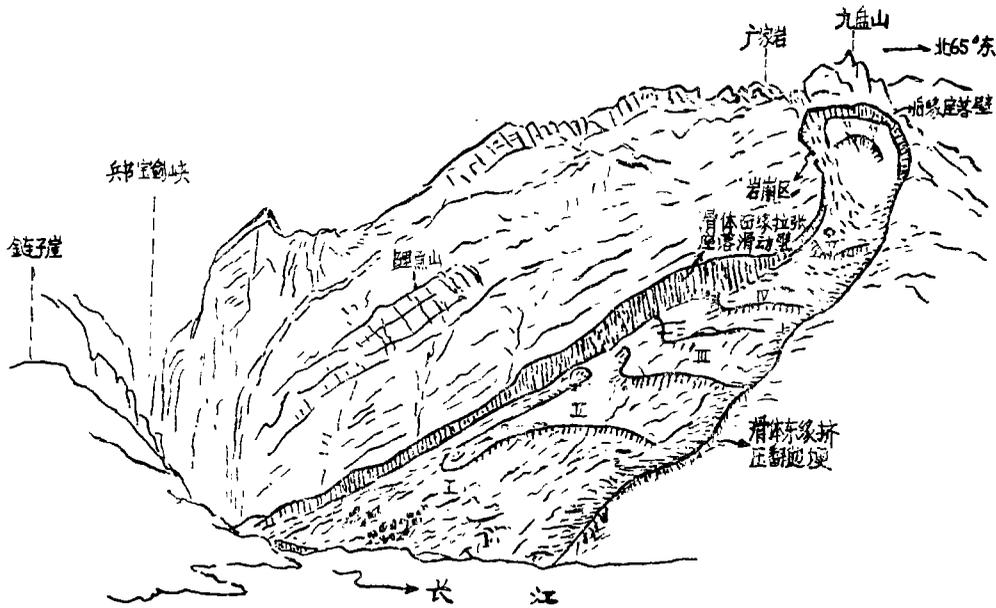


图2 新滩滑坡滑体纵向阶状地貌素描图

这次新滩滑坡，入江土石约200万立方米，造成的涌浪甚大，带来的灾害较为严重。直冲入江的土石，把对岸位于高程92米处的湖北省西陵峡岩崩调查工作处的两层楼浆砌块石仓库、发电房卷入江中。据航道老工人分析，可能出现瞬间断流现象。岸坡爬浪高96米，波及上游15.5公里的秭归县城尚有大船过往涌浪之感觉，波及下游经庙河至27公里的三斗坪，船工有从高处跌下的感觉。伸出江面前舌93米，堵塞江面1/3。入江土石沿头滩冲到南岸，普遍垫高航道，成为洪峰期的危险滩。

过江流量达 $Q = 3$ 万立方米/秒时, 500匹马力以下的船只不能上, 500匹以上的船只必须减载助拖才能过滩。

6月12日新滩滑坡带来的灾害是毁灭性的。尽管滑区内457户1,371人无一伤亡, 但家园、田园毁于一旦, 损失仍很大。据统计, 摧毁481户房屋1,569间, 面积5.24万平方米; 塌毁农田780亩, 柑桔树3.45万株, 柑桔苗50万株; 以及大量的陈粮、农(家)具等。由于事前对涌浪造成的灾害估计不足, 涌浪给新滩上下游8公里内港口停泊的船只和船民带来较大的损失: 冲翻、浪沉240匹马力以下的机动船13艘, 其中沉没7艘, 木船64只, 吨位632吨, 冲走木料375立方米, 煤炭40吨, 夜宿船内的船民死10人, 失踪2人, 伤8人。总计损失折款达832.42万元, 其中险区内723.92万元。

目前, 新的滑坡体处于新的平衡状态调整过程中, 尚不稳定, 险情犹在。近期, 新的滑坡体后缘广家崖巨型崩塌体呈现新的活动迹象, 岩体下座和老裂缝张开均有8—10厘米, 南岸T₁—T₇号裂缝地段危岩变形较大, 岩崩区调查范围外的猴子岭斜坡东侧高程400米地区出现近20万立方米的崩塌积层下滑险象。许多专家认为, 如遇久雨暴雨或地震, 发生较大规模的崩塌下滑, 则会有历史上的截流断航重现。

二、滑坡形成的条件和发展变化规律

新滩滑坡地处黄陵背斜西缘, 仙女山和九湾溪断裂间(图3), 前者走向北西 340° 由南而北, 后者走向 $N10^\circ-25^\circ E$ 。两者皆以陡倾角向西倾, 受着未来仙女山断裂和九湾溪断裂发生的5级地震的影响。

新滩地区出露的基岩, 在滑坡体西部广家崖至黄崖一带为厚层块状坚硬的二迭纪灰岩及泥盆纪石英砂岩构成的高山陡壁。滑坡体本身座落在易风化、破碎而不透水的志留纪砂岩和砂页岩上, 岩层产状北 30° 东, 倾向北西, 倾角 32° 左右。砂岩和砂页岩厚度在800米以上。基岩断裂构造发育, 岩石十分破碎, 除纵横交错的节理裂隙外, 还在滑坡体两侧出现一条走向北 $10^\circ-20^\circ$ 东, 倾向南东, 倾角 78° , 与九湾溪断裂带平行的张扭性小断裂。据断裂泥中的近期擦痕和其他派生构造判断, 为一平移正断层, 即其东南盘下降并向南偏西移动。这一断裂构造对滑坡体的形成和运动具有十分密切的关系。

滑坡区总的地势为北西高, 南东低(图4)。西部黄崖山体北起九盘山、广家崖、鲤鱼山至江边, 呈北北东至近南北向延展, 向北西西倾斜的单面山体, 西为平缓斜坡, 东为临空陡壁,



图3 新滩地区地质造图构



图4 新滩滑坡前地貌素描图

相对高差达数百米，是遭长期侵蚀沿近于直立裂缝不断崩塌后退的结果。黄崖山体以东，姜家坡至新滩镇一带为平缓的堆积斜坡，坡上普建居民点，多为耕地、桔林。堆积物质为崩坡积、洪冲积物，覆盖厚度30—40米，最厚可达86米。姜家坡以上至广家崖坡脚，主要为灰岩崩积区，大者达上千立方米，小者数立方厘米至数立方米，据原钻孔资料，堆积层厚度近50米。斜坡成阶状地貌，总体坡度约 23° ，倾向长江。局部地段坡度较陡，如沿江部位、毛家院前缘(高程260—330米)、姜家坡前缘(高程500—550米)、广家崖坡脚岩堆(高程760—910米)等4处坡度，一般为 35° — 40° ，局部 50° — 60° 。陡坡之上则为相对平缓的斜坡，一般坡度以 10° — 15° 。下伏基岩在纵向剖面上陡缓不一，似以毛家院为分界点，形成二次曲线。上述基底组成和基岩表面地貌特征，有利于透水性较好的崩坡积覆盖层在其他因素的触发下产生表层或整体滑动。

新滩古滑坡体的形成，是历史上多次崩滑作用的结果。新滩古滑坡的复活，6月12日大滑动的产生，我们认为除上述原因外，很重要的一个原因是人为的作用。一是广九煤矿和白砣煤矿沿不稳定山体采煤，以及长时间的爆破效应作用，导致广家崖自1964年开始，经常发生数千立方米、数万立方米、数十万立方米不同规模的崩塌

冲击，负荷加重，下座挤压；二是地表农垦乱挖乱种，地表水排泄不通转为地下水。

新滩滑坡的发生经历了较长的渐进演变过程，归纳起来其发展变化规律如下：

1、潜在形变和蠕变阶段(1982年以前)。1935年6月久雨暴雨后，上段姜家坡曾产生过120—150万立方米的滑坡，尔后于1964年秋季降雨，九盘山和广家崖发生岩崩，在姜家坡西侧堆积物内产生一条长达450米，宽0.1米，呈南北向展布的裂缝。在坡顶高程600米处也产生一条与前缘陡坡方向基本平行的长大裂缝，缝宽0.5厘米，长270米，走向北 45° 东。1982年雨季，略有张开，但幅度很小，一直无明显变形特征。除广家崖时有崩塌外，该段斜坡(高程600—910米)，宏观上未发现变形活动迹象。

2、古滑坡复活阶段(1982年3月至1983年5月)。古滑坡复活前，1981年11月和1982年3月，广家崖发生两次较大的崩塌，方量约2万立方米，最大崩落块石近千立方米，滚落最大距离约500

1984年7月至1985年5月共11个月的观测资料表明,位于高程790米的 F_1 点位移达6.9米,下沉1.4米; F_2-F_5 个点水平位移3—3.7米,下沉0.8—1.3米; F_7 、 F_8 两点,位移2.7—2.9米,下沉0.36—0.4米,总的方向为南偏西 $5^\circ-15^\circ$

1984年5月28日至1985年5月14日共12个月时间,姜家坡及其坡脚下的 A'_3 点和 B_3 点,水平位移分别为274.98厘米和287.69厘米,平均月变速为22.92厘米和23.97厘米;下沉量分别为95.62厘米、122.70厘米,平均月变速为7.97厘米、10.22厘米,方向也为南偏西,直指新滩镇。

1,300万立方米滑体周围边界已形成。后缘拉张下座近15米;东西两侧裂缝羽状、阶梯状次生缝产生,现出5—10米宽的松动带;前缘85万立方米危险体除不断崩塌外,坡体下沉3—5米。中部高程750米以上,自西至东出现5条基本等距、南北向展布的阶梯纵向裂缝,阶梯高差0.5—3.5米,并有鼓包涌现。根据两侧裂缝出现的羽状排列式判断和观测位移曲线分析表明,整体滑移条件已具备,主滑方向也明朗。

4、整体滑移阶段,即破坏阶段的大滑前兆(1985年6月9—12日)。观测资料表明,坡体急剧变形,9个简易测点中1号、2号两点5月就无法监测了,剩下的3号—9号7个点,6月1—4日共4天时间里,平均日变速为0.53—1.29米,尔后也无法再测了。用 T_3 经纬仪交会观测的 F_1-F_8 点变速也很快。

现场踏勘发现,9日下午至10日上午,临时在后缘和前缘设的测点在不到一天时间,后缘下座1.5米,前缘下座0.6米,东缘下座0.3米。从这些数据反映出,日变速很快。11日上午观测过程中,因坡体滑动微震,仪器水准气泡无法调平,测回限差无法执行测量规范。

地表新生裂缝密布,纵向裂缝自西向东阶梯下座,梯间距1.5—3.5米。东西两侧裂缝拉裂下座3米多,并发现松动沉降带。带间表层揉褶很厉害,羽状小裂缝甚多,并伴有小崩塌、滚石、塌坑等,公路路面被错断,水平位移和下沉均有2米多。前缘陡壁崩塌日夜不断,频率愈来愈高,规模亦渐大。6月10日晨4时,前缘西侧 A'_3 临空下,沿高家岭西侧沟槽崩滑约70万立方米,滑舌前部至江边仅150多米,把一幢民房推移60多米远。目击者介绍,崩滑前有异样的沉闷声,崩滑时涌起一丈余高的土石水柱。这是大滑动的前奏。

6月9日上午,滑坡体内冒热风,9—12日大滑前,常有异常响声产生。沿毛家院后380—400米高程一带发现鼓张剪切口,东西两侧出现潮湿带。

6月12日凌晨3点45分整体滑移,首先就是从窑矿坑—姜家坡—毛家院后剪出飞跃,导致前推后挤的整体性推移式崩坡积表层滑动。

三、新滩滑坡预报成功

监测预报工作是长期而又艰苦的工作,是体力劳动与脑力劳动相结合,经得起误解和检查,具有高度的事业心和对人民负责的工作。自1974年起,西陵峡岩崩调查工作处的监测“哨兵”,日复一日,年复一年,生活在高山峡谷、急流险滩之中,顶烈日,冒严寒,风餐露宿,以高山云雾为伴,坚守岗位,精心观测,捕捉滑坡前兆,进行科学的预报。

1969年国务院指示:对新滩岩崩区要“加强调查研究,继续进一步摸清情况,积极采取防护措施。”尔后,湖北省政府又下文指出:新滩岩崩区隐患很大,危害严重,将“关系到人民生命

财产、长江水利建设、交通运输事业及国民经济的发展。……如果发生较强地震、战时轰炸、久雨暴雨，岩崩区可能发生大规模的崩塌或滑移。……一旦发生大量崩滑，将堵塞航道，阻江壅水，给人民生命财产、交通运输、国民经济均带来极大危害，在政治上也将造成不良影响”。可见，危害严重，事关重大，发现异常，及时报警，是一项艰巨而又光荣的任务。

预测，先是在滑坡体高程600米以下至江边地段布设视(水)准线5条，监视点15个，用T₃经纬仪和N₃水准仪进行水平位移和垂直沉陷观测；后根据滑体变形发展，在600米以上至910米地段增设8个交会监测点，并在滑体外缘基岩上建立由7个固定点组成的边角监测网。同时，与当地政府商定，在上部1,300万立方米滑体的周缘和中部裂缝布设9个简易监测点，雇请两个村民协助观测。至此，一个由点线面组成的监测系统在新滩滑坡体上建立和完善(图5)。观测人员高标准、严要求，定期认真进行监测，周期为每月1次，每次7—15天，雨季增加监测。

为研究滑坡产生的条件、发展演变规律，诱发因素，极终破坏前兆和带来的灾害等，先后考察了国内和邻区近几年来发生的较大规模的崩滑现场，如1980年6月3日凌晨4时，宜昌地区殷盐矿务局盐池矿区岩崩，1982年7月16—18日，在暴雨作用下，四川省云阳县宝塔河滑坡，1983年3月7日下午，甘肃省东乡族自治县洒勒山崩滑，……。结合新滩滑坡的现场变化，进行工程地质类比分析判断，预感到新滩滑坡有整体滑移，危害巨大之险。

从滑移沉陷曲线和大滑动前的水平位移曲线，在原报警的基础上，5月9日以“新滩北岸姜家坡至广家崖地段近期变形报告”发出险情预报，供省、地、县各级政府决策。随着险情的发展，6月10、11日又以加急电报发出“有整体滑移前兆，险情告急”。从6月11日下午5点发出的加急电报到12日凌晨3点45分大滑动开始，相隔约11个小时，终于准确地预报成功。

四、新滩滑坡基本总结

山崩滑坡，是一种不以人们意志为转移的自然物理地质现象，多在外因(如地震、久雨暴雨、人为工程等)触发下发生，常具有瞬间暴发特征，因此常常带来极大的自然灾害。但从新滩滑坡的预报成功，避免了一次重大的伤亡事故，说明山崩滑坡的发展变化规律是可以借鉴、认识和预报的。我们的体会是：

第一、山崩滑坡的发生，和一切事物的运动一样，有其孕育的条件，从渐变到剧变，至极终破坏的发展演变过程。根据这个过程，是可以进行滑坡的测报，及时避险和减轻灾害的。

我们从外地考察的山崩滑坡现场资料分析中认识到：一般发生山崩滑坡的地方都存在着对山崩滑坡发生极为有利的地质地形条件，有诱发因素，存在着过去的崩滑史，存在着发生、发展到破坏过程所需的时间(一般3—5年)。尤其在大崩大滑之前存在明显的前兆等。悲惨的灾难，沉痛的教训，主要是对滑坡认识不足，重视不够，思想麻痹，甚至存侥幸心理，以致避险措施不果断，行动缓慢不力。

新滩滑坡处于两个活动性断层间和三峡暴雨区中心，受着该区地震(最大5.1级)影响，山高坡陡，地层软硬相间，断裂构造发育(图6)。滑坡南临长江，北靠九盘山、广家崖，常受其危险岩块崩塌的影响，坡高坡陡，崩积覆盖层较厚，地表水渗透条件好，地下水受季节控制。自公元100年始到滑坡前，有骇人的崩滑史和近代边坡变形、局部失稳史。自1964年广家崖较大规模崩塌在姜家坡上产生裂缝后，经过7—8年的蠕变渐变，1982年春发现古滑坡复活。1983年5月呈现1,300万立方米整体滑移迹象。1984年底具整体滑移边界条件，方向南偏西。1985年元月至滑坡

发生前的6月10—11日大滑前兆的产生，证实我们采取工程地质类比分析、监测结果，是符合滑坡的发展变化规律的。

第二、监测预报成功的关键是捕捉住大崩滑的前兆。我们从近几年发生的滑坡考察中，发现每一个较大规模的滑坡都存在大滑的前兆，新滩滑坡也不例外。

1、出现热风 and 地声。大滑前的9日中午，我们现场考察，顿觉有一阵火辣辣的热风来自1,300万立方米滑坡内，有人说：“赤道热风吹到这里来了”。6月10—11日听到地表石块滚动声和源层发出“咔嚓”的异样声响。

2、小崩塌不断发生，规模渐大。6月10日凌晨4点15分，发生一次近70万立方米的局部滑动。滑动后，现场踏勘，广家崖坡脚下后缘一夜间下座1.5米；前缘85万立方米危险体拉裂缝又下座0.6米，东缘松动沉陷带扩宽5米，下座0.3米；西缘裂缝大幅度下沉，大石块翻

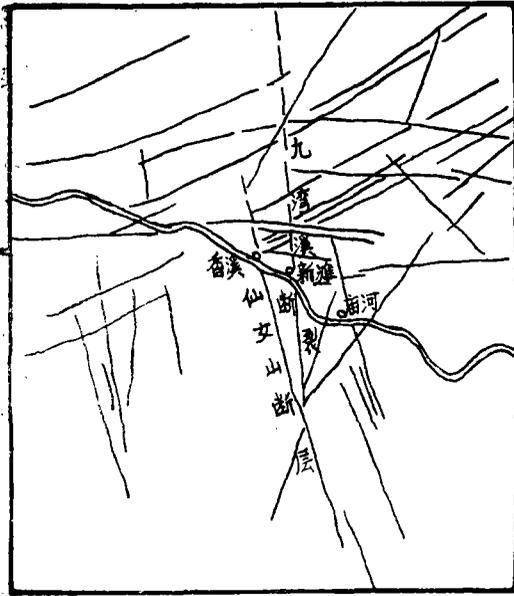


图6 新滩及其邻近卫片解译线性构造图

滚，老坟堆和陡坎崩塌；前缘陡壁崩塌日夜不断，频率增加，规模渐大。

3、6月9—11日在380—400米高程一带，坡体前缘鼓张、剪出，潮湿现象日甚一日。

4、地表在原变形基础上急剧变形。后缘广家崖坡脚9—11日这3天内下座近5米，坡体上突增羽状裂缝，地表揉褶厉害，中部急速隆起，局部出现鼓包。1,300万立方米坡体，自西至东出现阶梯状沉陷纵向拉裂。

5、观测数据反映，位移和沉降速度加快。根据捕捉到的恶劣险情前兆，采取急电方式上报，同时与地县领导现场决策。因此大崩滑发生时，险区内的居民安全转移，使损失减少到最低程度。

第三、尊重科学，实事求是。新滩北岸的稳定性分析评价，已于1982年底由长江流域规划办公室（简称“长办”）提出“长江西陵峡北岸新滩黄岩地区稳定性调查报告”，作出结论。该报告指明：“一般情况下，可以排除姜家坡—新滩镇堆积斜坡整体下滑入江的可能性”；“姜家坡—新滩堆积斜坡，除姜家坡危险区外，斜坡目前大都处于相对稳定状态”；姜家坡“主滑方向应为南45°东”。九盘山至姜家坡岩堆，从最坏处考虑“也只有260—280万立方米；在这种情况下（指广家崖崩塌、暴雨、久雨—笔者注），其下面的毛家院平缓斜坡和两侧冲沟和洼地可以容纳这些滑坡物，不会危及新滩镇和长江航道的安全……”。

在1983年5月底，省政府召开的对上述报告评价的会议上，我们根据现场变化和有关资料，郑重地提出与上述结论相反的意见，指出1,300多万立方米坡体已出现整体滑移迹象，而且危害很大，直接威胁到新滩镇人民生命财产和长江航道的安全，事关重大，应予高度重视。与会的28个单位共50位专家、教授、科技人员察看了现场后，绝大多数同志都赞同我们的观点，仅个别单位和个别权威专家一味反对，坚持和维护该调研报告的结论，基本上以前述结论报送省政府。

新滩滑坡灾害及其发展趋势

刘新民 王治华 王少东 乔建平

(中国科学院成都地理研究所)

1985年6月12日凌晨3点45分,长江三峡左岸的新滩镇发生一起灾害性滑坡,在仅15—35分钟的时间内,碎屑岩块从新滩镇后山的广家岩、姜家坡一带,迅速向下滑移,并在I级阶地后缘剪出。滑舌伸入长江100米左右,激起水柱高80余米,回浪高36米。它波及到上游7.5公里的香溪河,浪高7米,距15公里的秭归县附近浪高1米;下游九湾溪口浪高2米,距灾区27公里的三斗坪(未来三峡坝址)浪高约1米。

这次滑坡分布在海拔高70—900米,相对高差800余米处。滑坡长2,000米,平均宽450米(沿江宽700米,山体上部宽200米),滑体平均厚度40—50米,滑坡覆盖面积0.68平方公里,滑体总量3,000多万立方米,其中约200万立方米被推入长江。

这次滑坡发生前,湖北省岩崩调查处在长期观测分析的基础上,提前10多小时发出报警;各级党政领导措施果断,指挥得力,充分作好了疏散转移,滑坡区范围内无一人伤亡,实属当今世界上滑坡预测预报和抢险救灾的奇迹。由于这次滑坡规模大,成灾时间短暂,所以给灾区人民造成的经济损失仍然是不可低估。据秭归县抢险救灾指挥部统计,这次滑坡将新滩镇全部推入长江,使长江村一、二、三、四组,1个居委会,13个机关团体共457户1,371人受灾,毁房1,569间;吞没农田780亩,其中147户591人的责任田全部被毁;淹埋或冲走夏粮和库存粮27万余斤;击沉或涌浪颠覆滑坡区上下游40公里范围内机动船13只,木船64只,死亡10人,伤8人,失踪2人。更为严重的是,滑体推入长江,占据江面宽度100米左右,致使兵书宝剑峡出口过水断面缩小1/3而成急流险滩,川江货客轮运输中断56小时。据访问,上行船只在滑坡前能负载200吨,滑坡后仅能负载50—80吨。迄今滑坡堆积物的绝大部分,还堆聚在坡体中上部,重心位置还相当高,长江航道仍然受滑坡隐患的威胁。

事关重大,不能掉以轻心。随着险情的恶化,我们怀着对党和人民负责的精神,一方面布点设网,加大工作量,坚持观测;另一方面建立月报制度,及时向领导反映现场变化发展情况。同时于1984年底邀请20多位专家、科技人员到观场“会诊”,并把《纪要》上报。

报警工作,按文件规定的任务是由“长办”负责的。因自1980年以后,“长办”工作人员全部撤离现场,结论又比较乐观,我们只好自觉地承担起来。从1982年3月29日开始至1985年6月11日止,先后发出《简报》3期,险情报告12份,加急电报2份。总之,在新滩滑坡的监测预报中,我们始终尊重科学,实事求是,尽到了我们应尽的责任,起到了我们应起的作用。

(本文在地质矿产部宜昌地质矿产研究所唐贵智副研究员、王承辉工程师的指导和陶明同志的帮助下,由陆业海工程师编写,最后由骆培云同志校)