

新滩滑坡动因刍议

修俊峰 熊家富

(长办三峡区勘测大队)

提 要

本文对新滩滑坡滑后的地貌形态特征、历史文献记载的破坏周期性规律、区域构造背景与本区构造特征、临滑前兆和地震台站记录滑动时的波型波谱分析结果等进行了分析研究,提出了新滩滑坡的动因机制以内因构造扭动力系能最聚集使岩体膨胀扩容产生地热微震为主,外因诱发的促进作用为辅的论点。

一、前 言

新滩滑坡,由于有关科研部门监测预报准确,党和政府的措施有力,使千余居民无一伤亡,创造了中外史上没有先例的奇迹,受到中外学者的高度重视。对于滑坡动因,归纳起来主要有两方面,即“暴雨中心、地下水活动说”和“重力论”,论为这是唯一的正确结论。

但据当地气象资料,新滩近年来降雨量与往年相比不多,滑前仅有中小雨,无特大暴雨,更未见如1935年那样的七天七夜大暴雨;滑坡区集水面积很小,大量地下水从何处来。因此,暴雨中心论的说法值得商榷。为了从这次灾害中总结滑坡监测和防治经验,弄清滑动机制,指导今后的研究工作,选择有利的防护措施,特将作者搜集的实际资料略加整理分析,求教于同行批评指正。

二、滑动前后地貌特征

新滩滑坡区位于兵书宝剑峡出口北岸(图1),由窝塘坑、姜家坡、新滩镇三段堆

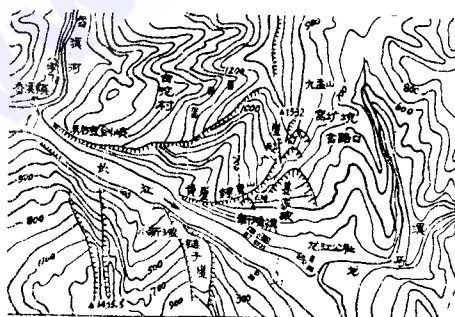


图1 新滩岩崩滑坡位置示意图

积斜坡组成。其地势北高南低,长约2km。窝塘坑后缘广家崖脚海拔高程900m,到新滩江边高程约65m;北窄南宽300m~1100m,近似扇形向江边倾斜。其西界为基岩裸露的高峻陡壁,以S状与堆积斜坡接壤,在姜家坡转折成弧形山嘴,向东南方向突出。总面积约1.1km²。

据少量勘探资料分析,志留系基岩滑坡床地形纵向呈下凹折线状,在姜家坡前缘约100m以上的折线坎(图2),形成姜家坡和毛家院子两级

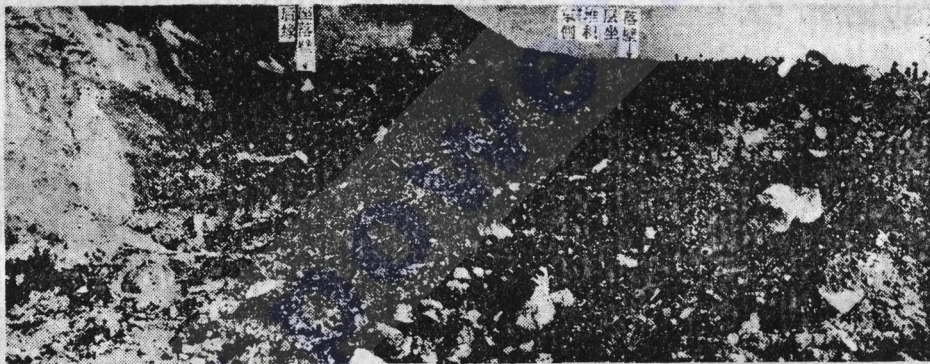
凹槽的分界线,使崩岩、滑体运动有良好的休止条件,构成两级巨厚堆积平台。滑后在毛家院子前缘梁子上,钻孔深110m还未穿透堆

积层，估计其厚度一般为30~100m，最厚可能达150m左右，总体积在5000万m³以上。平均坡度23°，除转折点呈现陡坎50°~60°外，一般为10°~15°的缓坡。故以往地质勘查与研究大多认为在窝塘坑、姜家坡只会发生局部小规模滑塌，很少有人提出发生整体滑移的可能性，且此次整体滑移前新滩镇斜坡毫无活动迹象，所以多数人的分析不无道理。由此看来，这次整体破坏的动因机制并不简单。

滑后形态，上下三段各不相同，如：

(一) 窝塘坑

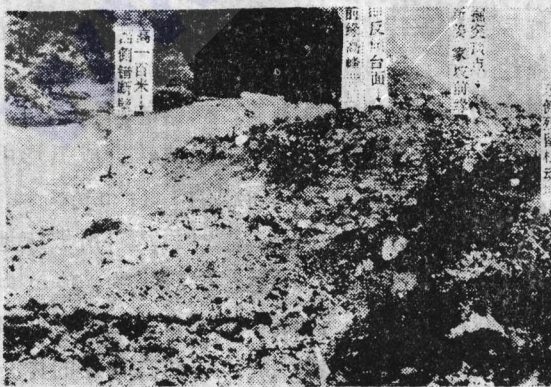
其后缘有约40~50m的座落壁，堆积物两侧各具近北向略偏西的座落缝一条，中间具多级近东西向台坎。台面略向外倾。近姜家坡处由于滑速不一，台坎逐渐转向，有向西壁收敛，向南东散开之势，与姜家坡台面之间，明显有一条沟槽隔开，两者形态各异。这是前缘姜家坡滑动后，后缘窝塘坑失去支撑被动座落所致（照片1）。



照片1 窝塘坑滑坡拉张下座台坎

(二) 姜家坡

西壁为压扭性旋回弧形面所组成向南东凸出的圆形山嘴，其上见两组镜面擦痕，错落壁高约70~100m（滑动刚止时为100~120m，嗣后层层剥落垮塌）。该段为一级台坎，台面近似三角形，前缘翘起，后缘凹下，台面反倾（照片2）：台面中线南东向，标示滑体由北北西向南南东推滑。该段台坎为姜家坡断裂旁侧弧形面处的物质下滑后滞留该处，原有物质已推向新滩镇斜坡。



照片2 姜家坡突起前缘（台面向坡内倾斜）

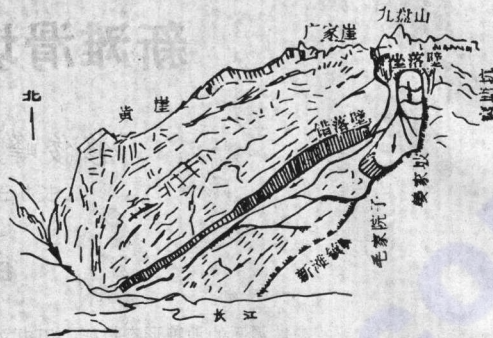


图2 新滩斜坡素描

因一卸
大从登示

姜家坡前缘右侧陡坎和三游沟东侧壁有三片被包围在块碎石中的巨大志留系页岩残体；毛家院子前缘坡坎下部大片泥盆系石英砂岩碎块石，可能均为姜家坡处被

剪断基岩的产物。

据上述情况分析,姜家坡是主动滑源,能量发射的场所,不仅沿底部基岩面滑动,还把基岩剪断,一并推向毛家院子前缘。

(三) 新滩镇斜坡

该段按运动方式和地貌景观的差异,横向可分三段。西侧三游沟为快速块碎石流滑塌,把原来沟槽拓宽加深,前舌冲入江中;中部高家岭梁脊为一不均一缓慢移动区,局部移动甚微,推测受力相对较轻;东侧为姜家坡前缘向南南东速滑受基岩所阻,回弹反射向南南西至南西推压形成隆起松动的缓慢滑移蠕动凹槽区。据滑坡时目睹者讲,1985年6月12日早晨见此处初时隆起达几米高,随后江边垮塌,坡面下滑,逐渐形成凹槽。原生长在姜家坡、毛家院子一带有编号的柑树滑到此处约有六七百米,东侧边部残留堆积埂。

滑后形态,是滑移运动的结果,它记录了滑移方式的全部过程和力的作用方式。纵观全貌,三段形态各异,标志三段受力方式和破坏型式不同。姜家坡是能量的发源地,为整个斜坡的破坏源,故称滑动源,作用最强;后方窝塘坑被动下座,前方推动新滩镇斜坡呈不同形态破坏运动。整个过程是短暂时间内完成的,除此均属前奏和尾声。由此看来能量极大,不是一般重力作用所能办得到的(图2)。

三、历史记载具周期性破坏规律

据历史记载,公元100年(东汉永元12年),公元377年(东晋太元二年,曾先后发生过两次崩塌。“当崩之日,水逆流百余里,涌起数十丈。”其强烈情景可想而知^[1]。由山崩堵江成滩,故名新滩。此后,公元1026年、1542年、1558年、1609年均发生过不同程度的滑坡和崩塌,造成极大危害。其中公元1026年(北宋天圣四年)和公元1542年(明嘉靖21年)两次最为严重,曾分别造成堵江断航21年和82年之久。据记载1542年岩崩与此次(即1985年6月12日)崩滑有极相似之处,山崩的当天,先是崩岩附近山泉涌出泥滓,继而崩岩与山体逐渐分离,上沱与下沱的山体相继崩塌入江,当时“巨石腾壅,闭塞江流,阻塞长江达二里之多。”^[2]历史岩崩和滑坡有其重复相似之周期性。

新滩经历几百年平静期以后,于本世纪20年代又开始活跃。1923年广家崖崩塌,方量约150万 m^3 ;1924年广家崖岩崩,崩塌方量约10万 m^3 ;1931年黄崖山体崩塌,涌起巨浪波及江段约12km长,打碎木船十多艘;1935年连续七昼夜暴雨,姜家坡与柳林发生滑移,方量分别为150万 m^3 与20万 m^3 以上,冲毁耕地,居民24户被推下滑,其中三户入江。滑体是岩崩堆积物。1958年农历六七月间,广家崖一带发生岩崩,方量约3万 m^3 ;1964年3月九盘山、广家崖发生大规模岩崩,方量10万 m^3 ;1977年九盘山广家崖一带岩崩,方量3万 m^3 ;1980年4月14日,鲤鱼山、茅草岭发生局部崩塌,持续约一小时;1981年11月30日,广家崖南侧有小规模岩崩塌,路毁交通受阻;1982年3月,广家崖连续发生岩崩,方量约1.5万 m^3 ,其中最大一块巨石约6000 m^3 ,滚落至高程750米公路上;1983年6月24日至7月23日,姜家坡至窝塘坑开始出现整体下

滑、下陷迹象和局部崩垮；1985年6月12日整体滑塌达到高峰。看来从20年代开始为此次活跃期前奏，1985年达到高峰，而尾声今后还需若干年才能平静。

从历史上几次较大较严重崩滑堵江事件看，公元100年、337年、1026年、1542年、1985年，具有破坏周期性的规律，每四五百年即有一次活跃高峰堵江事件发生。从最近几次分析（尤其本次分析），可能每一周期活跃期出现均有前奏、高峰和尾声。单纯以外动力的重力和地下水作用来解释不能有如此巧合的周期性规律，作者认为没有内因构造力的参予是办不到的。

四、区域构造背景及本区构造特征

新滩在区域地质构造上（图3），位于鄂西并联式旋卷构造体系共生带黄陵环状活

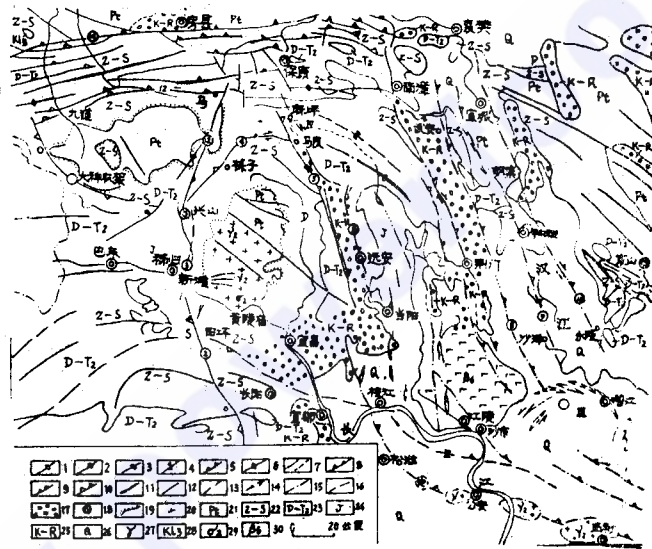


图3 黄陵—神农架复连环旋卷构造体系图（据蒋镇亚）

- 1、2、3、4、5，神黄荆汉歹字型构造背斜、倒转背斜、向斜、倒转向斜、压扭性断裂；6，香炉—五龙旋卷构造背斜；7，纬向构造带、淮阳山字型构造，新华夏系背斜及向斜；8，黄陵环状构造压扭性断裂；9，神农架环状构造压扭性断裂；10，麻坪、龙马溪、秭归等旋卷构造压扭性断裂；11，纬向构造带、经向构造带、北北向构造带、淮阳山字型构造、新华夏系压性断裂；12，张性或扭性断裂；13，隐伏背斜；14，隐伏向斜；15，隐伏断裂；16，推测断裂；17，白垩纪—第三纪盆地；18，旋涡；19，不整合界线；20，地层产状；21，元古界；22，震旦系—志留系；23，泥盆系—中三叠统；24，侏罗系；25，白垩系—第三系；26，第四系；27，雪峰期花岗岩；28，雪峰期超基性岩；29，加里东期偏碱性岩；30，喜山期玄武岩。

动旋卷构造体系的南西侧^[3]。黄陵环状活动旋卷构造体系砥柱为黄陵地块，旋回层和面为周缘弧形断裂带，由天阳坪、仙女山、香溪河、榛子、马良、远安等压扭性断裂带从南、南西、西、北西、北、北东及东面等四面七方挟持黄陵地块，构成一个完好的弧形环带；外旋按顺时针、内旋反时针旋扭，恰与北西方的神农架环状活动构造体系扭动相反，两者之间以新华断裂*为界。

*指兴山县境的北东向断裂。

黄陵、神农两环状活动体系其力学性质均为压扭性挤压断裂性质，具备蓄能释能的条件。据近年来记载的地震资料，两环状砥柱的震级仅1~2级，属微震范围，为活动体系的两个安全岛。有感或破坏性地震均展布于外围旋回带某一特定部位，作用强度、方向受旋回带作用规律所控制，震级最强部位出现在两环状活动体系之间新华断裂活动的范围，如秭归龙会观5.1级地震，震中烈度七度，震源深度均不深，属盖层滑动弱震区。

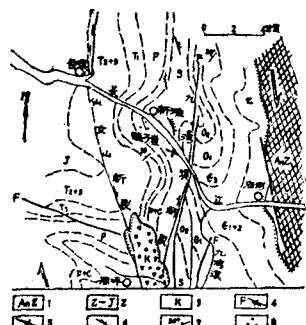


图4 新滩附近“S”型扭动构造示意图

1. 前震旦纪结晶岩基底(An-Z);
2. 第一沉积盖层(Z-J); 3. 第二沉积盖层(喜山构造层);
4. 断裂及其两盘扭动方向;
5. 层间小褶皱;
6. 层间小逆冲断层;
7. 岩层产状;
8. 崩塌体遗迹。

炭系灰岩接触，向上延入二叠系灰岩中，向下被崩积层所掩盖。姜家坡弧形山嘴是由一系列重重叠叠弧形裂面所组成，具有两组辗光镜面擦痕。可能为中小型莲花状或大中型帚状构造砥柱，前者可能性大，与姜家坡断裂有成生联系，可能属该断裂低序次派生构造。

江边1号孔在孔深102~104m处见有断裂构造岩，属压扭性产物。据此分析可能有多条压扭性小断裂展布而被崩积层所掩盖。

此外东面龙马溪沟北山坡志留系底部与奥陶系交界处见有北北西向挤压破碎带，而龙马溪沟奥陶系灰岩中小断裂尤多，均为北北东和北北西两组方向。

据此，区域及小区均为扭动力系压扭性活动体系、韵域体所控制。该力性是蓄能释能体系和韵域体。在本区内仙女山、九湾溪断裂两侧形成岩崩滑坡带；以九湾溪断裂为例，南起老林河，经周坪狮子岩、杨家岭过链子岩、新滩、广家岩、风斗岩，北抵兴山境内，沿途断续形成一巨大岩崩滑坡带。仙女山亦是如此。

压扭性断裂拐弯及消失端，旋卷构造收敛端，弧形曲率最大处，均为相对应力集中与释放的场所。新滩两侧为区域断裂仙女山、九湾溪断裂消失端，小区内为压扭性韵域体，具有构造应力积蓄的条件，而姜家坡断裂及旁侧弧形构造是构成应力集中的地段，促发微震可能性是存在的。从褶皱观点分析，新滩正位于黄陵背斜与秭归向斜共同翼转折部位，亦是应力易集中释放的地方。

总而言之，从区域构造部位、小区构造的力学性质、力学作用韵域体和褶皱部位等多方面因素综合分析均得出一致的结论，本区具有蓄能与释能的条件。除此从地貌结构

新滩恰好位于黄陵活动体系南西边界，西侧为北北西向仙女山压扭性断裂带，消失于荒口一带；东侧有北北西向庙河压扭性断裂带，新滩位于两断裂带略偏西。北北东向九湾溪断裂带插入该地块，消失于本区北东侧龙马溪沟一带(图4)。

新滩小区构造规律，严受上述北北西、北北东两组压扭性活动断裂所控制。西侧九盘山广家崖陡壁裂隙系统，主要为北北西15°左右压扭性与伴生成份北东东70°左右的张扭性破裂所控制，北北东压扭性与伴生成份北西西张扭性破裂发育居次。北北西、北北东两组压扭性成份多以断裂和裂隙出现；北西西、北东东两组张扭性成份多以长大裂隙出现。

小区内以小型断裂构造为主。姜家坡北北西向压扭性挤压断裂带，出现于姜家坡西侧陡壁处，带宽约2m，由灰绿色片状糜棱岩夹石英岩条带或扁豆体组成，泥盆系紫色砂岩与石

上看,为峭壁与缓坡地形转折部位,亦是卸荷应力集中变化的地方。

五、临滑前兆调查

前已述及,从1923年起,广家崖黄崖一带,不断崩塌,姜家坡柳林一带不断出现塌滑、裂缝、沉陷、位移变形等。除此,临滑前,还出现了很多意想不到的现象。通过滑体与邻区调查,有些事实是难以用外因来解释的。

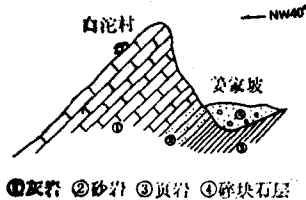


图5 白沱村姜家坡示意剖面图

不大可能是崩积层里放出来的热气。同时,姜家坡、白沱村是两种不同岩体结构区,姜家坡是巨厚的崩坡积物斜坡,底部基岩是志留纪页岩;而白沱村是位于西侧广家崖陡壁前坡单面山斜坡上端二叠系灰岩稳定坡处(图5),两者岩性岩层结构是如此不同,为什么均会发现有相同的地热现象?其因何在?

(一) 地热现象不断出现

临滑前几天,白沱村及姜家坡均有人在不同时间内发现从地下冒出股股热气扑人,使人感到闷热,有的感到有硫化氢气味^[5];滑坡时江两岸的人都感到先有一阵热气吹来,后有冷气。此现象只能解释是地热释放现象,

(二) 地热现象与地声及变形破坏具跟踪同步性

1985年6月9日上午11点40分,岩崩处的同志在滑体西侧620m高程处现场踏勘,顿觉有一股火辣辣的热风从上段滑坡体后缘吹来,持续约一分钟,有人说:“赤道热风吹来了。”越过滑坡体一带自然消失,地表到处出现新裂缝,石块翻滚,挡土墙倒塌,滑体发出喀喀声响;姜家坡前缘滚石、小塌、小滑;毛家院380~400m高程地段有剪鼓如常,上段滑体缓慢蠕动下滑,方向指新滩镇。6月10日至11日听到地下石块滚动声和岩层发出“咔嚓”的异样声响。此种现象可能地热气在底部形成气垫层抬动堆积体出现了一系列表面现象,使地下水向低凹处集中,所以在毛家院子一带出现喷水冒砂、剪鼓现象。这么大的能量决不是堆积体本身摩擦所能产生出来的热气。

(三) 滑体变形与邻区香溪镇、八字门、白沱村、南岸链子崖在变形时间上有跟踪同步性

1982年新滩古滑坡复活,南岸链子崖I*平洞底板凸起,顶板拉裂,两壁剪断,危岩顶部混凝土护灌的八至十二号裂缝地段,十多年来长期观测一直没有多大变化,这年也拉裂变形,香溪、八字门等处滑坡也变形加剧。

白沱村从1980年前后地表的沟、井水逐渐干涸,使百多户缺乏生活用水,有的农户因而搬迁,而姜家坡从1977年以来变动加剧和地下水相反增多,其中有何联系,值得思考。

(四) 临滑前姜家坡一带具有与震前预兆相同的现象

如耗子、狗搬家;蛇出洞和几条拧在一起;猪不进圈、鸡上树。这些现象不能单纯是临滑预兆。

上述现象详见临滑前兆调查表1。

表1 新滩滑坡前征兆调查表

序号	时间	地点	调查人	被调查人	调查情况	情况分析	备注
1	1986年4月15日	新滩对岸江边	秦兴力	刘、潘两老头、江翠作, 还有众人七嘴八舌的	新滩江边有五六处火星, 滑动时先来热风, 后有冷风, 水爬上岸五六十米, 周公认家木料滑坡前一天下午滚向江边, 地有振动	火星可能是碰撞的, 白烟可能是水雾	
2				杜秀珍 杜军祥	1985年6月12日早上, 见对岸翻边埂一带鼓得很高, 江边一带形成极高的峭壁, 不断垮塌流向江里, 东侧边留下隆起松动埂	所谓“翻边埂”其实是隆起松动残留边	
3				力路明	滑后东侧沟隆起很高, 缓慢流向江里, 东侧残存隆起松动边, 高家岭一带没动, 12号早上岩崩处大楼还在, 后垮倒		
4				修俊峰	朱勤英 刘洪生	夜间滑动时, 对面坡到处有火星, 新滩镇处冲出三朵绿火, 一个小娃见三游沟处有很粗大绿火下河	绿火原因不明
5	1986年4月17日	白沱村	严学清	彭庆福 杜华珍	1985年阴历4月18日前几天, 在电视塔下挖田, 上午阴天, 无风, 无太阳, 只觉从地下冒出一股热气、很闷	白沱村水沟均沿北东东组裂隙发育, 地下水降低下渗, 与地热联系, 可能属构造活动现象	
6				刘长才的爱人	在滑坡前一个下午喂猪, 觉得从地下冒出一股热气、很闷		
7				刘俊发 (干部)	近四五年来, 地下水逐渐减少, 长流水全断了, 很多水井、水沟干涸, 百户人家吃水困难		
8	1986年4月18日	姜家坡	修俊峰	江朝甫	六月九日, 姜家坡 A3 点处接连不断下垮, 晚上六点, 有响动, 一股热气由地下冒上来, 又热又闷、头昏, 有飞蚊, 周围鸦雀无声, 晚上10点四处狗叫, 10号早4点15分开始崩, 先出水, 呈波浪状, 后开始土流垮塌, 见五颜六色火花, 有白雾, 11号下午姜家坡有老鼠外跑, 电视塔下白沱村, 有一股好水, 它已干涸多年了	A3点有热气, 可能是地热现象	
9				姜庆峰 刘启良	滑坡前月余, 鸡飞树上不进屋, 蛇出洞、几条缠一起, 耗子白天满地跑, 大狗叼小狗搬家, 猪不进圈	临滑异常与临震异常同	

上述四种现象几乎是同一时间内出现而程度不同的活动结果, 只能解释为内力异常现象。它们之间的成生关系, 按孙广忠同志介绍, 地热增加 1°C , 应力值增高 $0.39\sim 0.78\text{MPa}$ ($4\sim 8\text{kg/cm}^2$), 两者有很好的对应关系。总之有热活动就有地应力活动就有动物异常现象。人感到闷热, 尤其多数人感到有热辣辣赤道热风味道, 那就可能不止增加几度。按 10 度计算就增加 $3.92\sim 7.85\text{MPa}$ ($40\sim 80\text{kg/cm}^2$) 的应力值, 如此大的应力, 有可能抬动岩体。

姜家坡西侧陡壁处为两种不同力性岩层交界处, 下端为质软性柔易形变的志留系页岩, 上部为较刚性而回弹应变大的泥盆系砂岩、石炭——二叠系灰岩, 两种应变回弹力性不同的岩性交界处是地应力易释放的构造部位, 同时地貌上为凸出山咀, 亦属应力易集中释放处所, 从构造上弧形构造曲率半径最大处亦是应力集中最大处。故出现构造应力、地热活动、动物异常现象。

六、地震台站记录波形波谱分析结果

长江三峡地区共有 10 个地震台站, 均清晰地记录到新滩滑坡震动图形。严尊国等人研究了 10 个台站记录图形*, 分析出震动波形随延续时间明显可以分为前段 (I) 和后段 (II) 两部分 (图 6)。

*严尊国、薛军蓉、曾新平: <长江西陵峡新滩滑坡地震记录的初步分析>, 交流文献。

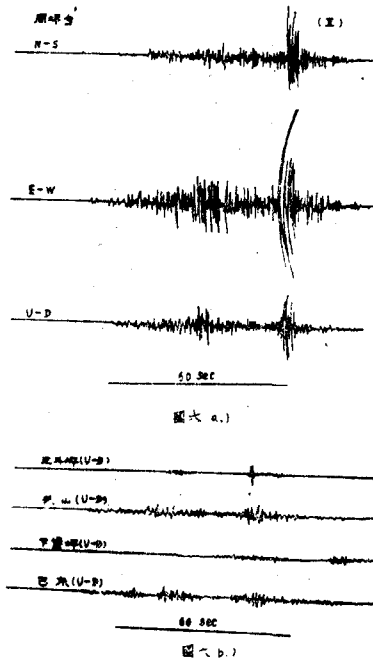


图6

走时公式:

$$t = 36.50 + \Delta / 3.34 \quad (1)$$

(1)式的相关系数 $\gamma = 0.989$, 其拟合曲线见图8。很清楚, 此震相的平均波速约为 3.34 km/s , 相当于该区地表的S波速, 可以认为此震相是直达S波震相。也就是说, 开始滑移后曾有一次较大规模的瞬时剪切位错, 形成典型的滑坡中出现的地震, 其辐射的P波震相掩盖于这之前的震动波形中, 滑坡记录中只能辨别显著的S波震相。估算其震动源强度相当于 $M_L = 2.0$ 级地震。

(I)、(II)两部分波的属性有所不同, 第(II)部分基本上属S体波类, 第(I)部分比较复杂。两部分波谱分析作为S波类处理。采用式(2)计算波谱[7]。

$$F(\omega) = \Omega(\omega) \cdot \frac{1}{R} \cdot e^{-\frac{\omega R}{tQV_s}} \quad (2)$$

式中 $F(\omega)$ 为记录的傅里叶波谱, R 为震源距, Q 为介质品质因子, 取 $Q = 200$, $\Omega(\omega)$ 为震源处的地震波谱。

测定等效圆半径 γ 的公式为:

$$\gamma = \frac{v_s}{2\pi f_0} \quad (3)$$

f_0 为波谱拐角频率。计算时 $v_s = 3.34 \text{ km/s}$ 。

一般认为滑坡不是在一瞬间完成的, 在初始滑移后, 滑坡体向前滑移不断地产生新的破裂和错动, 并且与滑坡床面的摩擦和碰撞造成新的震动源、辐射地震波。因此, 滑坡震动记录大多是起始微弱[6], 周期较大, 延续时间长, 面波型波占优势, 无体波震相。由于不断有新的震动源, 各种波迭加在一起, 难以严格判别各类震相。新滩滑坡震动记录波形的第一部分与此有些基本相似。

然而, 记录波形的第(II)部分截然不同于第(I)部分, 出现了瞬时尖锐清晰明显可辨的体波震相, 各台均能较好地判读出相应的震相。利用震中距小于 50 km 的5个台站(图7)资料拟合得到直达波

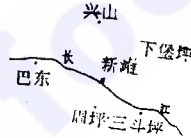


图7

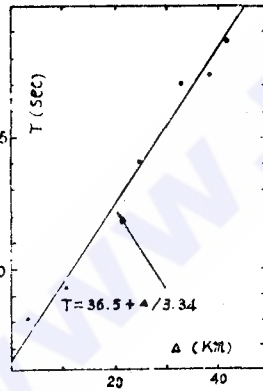


图8

对震中距小于 50km 5 个台站垂直方向记录图 (I)、(II) 两部分最大震相附近选取了 10 组波形进行波谱分析, 对兴山台水平分量和第 (I) 部分的另一组波形进行了对比分析。采样步长 $\Delta t=0.05s$, 矩形窗时间窗一般取 12~15s 的范围。图 9 绘出了各组的 $\Omega(f)$ 的形态。结果表明, 第 (I) 部分所有各组的 $\Omega(f)$ 形态大体相同, f 平均为 0.4Hz, 第 (II) 部分 f 平均为 0.33Hz。其估计的等效圆半径分别为 $\gamma_1=1.3$

km, $\gamma_2=1.6$ km。

现场记载, 滑坡约从 3 时 45 分开始延续到 4 时 20 分左右才全部平静, 缓慢滑移延续很长时间。距离最近约 10km 的周坪台从 3 时 52 分才记录到微弱波动, 图形仅持续了 3 分钟左右。远非震动全部, 只记录了滑坡错动过程中一系列较强位错源的震动。

记录波形较之通常滑坡记录有其共性, 亦有其特殊典型性, 正是其特殊典型波型 (II) 为一般滑坡塌陷均未有过的。波形 (II) 分析表明, 滑移过程出现地震波辐射的震动源和地震震源具有类似的剪切位移特征, 其辐射纵波比较微弱, 横波发育, 地动位移随距离的衰减特性和地震情况相同。波形 (II) 明显震相波谱的拐角频率和高频渐近性质和小地震 S 波谱类似。

从波形记录分析, 是滑坡引起地震, 究竟如何但还需进一步探索。严

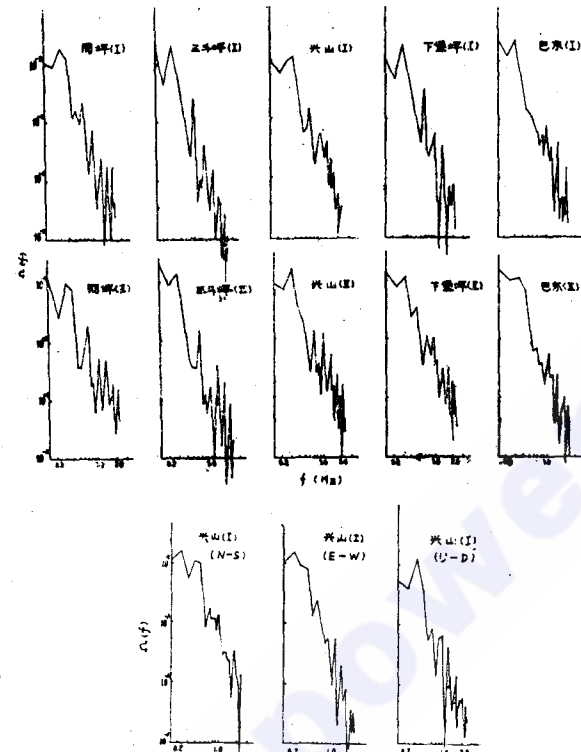


图 9

尊国等人分析了上述问题后明确提出: “记录所揭示的明显位错源特征, 使我们不能不考虑, 滑坡过程应变能的积累, 可能不完全归结于重力的作用, 不能排除区域构造活动的影响, 这是需要引起注意的。”此意见指出了问题的本质。

七、滑坡破坏机理及动因剖析

综上所述, 新滩滑坡不能单纯用外因论中的重力说、暴雨中心地下水活动说或流变拱桥理论*所能解释的, 但完全排除外因亦是不客观的, 必需从外力与内力两者相互作用的依存制约辩证关系中找出破坏机制。

陈宗基教授提出^[8]: “岩石是非均质的介质, 在受偏应力的作用下, 形变并不协调, 当其垂直应力 (σ_1) 到达一定时, 不但不压缩反而扩大, 因而产生了裂隙。这个力学过程叫做“扩容”。近年来地震部门有些人将岩石膨胀扩容模式作为地震预报的物理基础,

*刘雄: 1986年《新滩大滑坡流变力学机制》, 武汉岩土所。

并以大量室内试验得到证实。梅世蓉等人提出^[9]：“各类岩石发生膨胀的共同条件是，差应力的存在，并达到岩石破裂强度的1/3或2/3这样的程度”即能出现。以此理论为依据，新滩滑坡临滑前出现的所有现象，如白沱村地下水干涸、滑体与邻区变形的同步性、地热及动物异常等，均是在区域扭动力系作用下所出现的岩体膨胀扩容现象所致。

故作者认为这次滑坡是由于内力的积聚，导致外力加剧活动的结果。如本次活跃期由于内能活动积聚，导致了从本世纪20年代开始，西侧陡壁的不断崩塌及新滩堆积斜坡不断的出现塌滑、沉陷、蠕动等，外力起了加剧促发加速的作用。外因活跃又促使内因加速卸荷释能。从1980年前后因应力积聚扭动力系有所活动，使岩体膨胀扩容，白沱村一带北东向张扭性裂隙成份表部局部开张，使得沟谷、井水干涸下渗，可能增加山坡东麓堆积层地下水的来源，促使崩坡积的塌滑、沉陷活动，同时陡壁的崩塌加剧。邻区链子崖、香溪镇、八字门等地斜坡变形几乎在同一时间发生，若非内因，则不会如此巧合。

从滑后形态分析，主滑源在姜家坡不在后缘窝塘坑，因窝塘坑形态明显是张力下座结果而不是推压，故不可能是主动源。起始点在姜家坡压扭性断裂带以下，其弧形面由北北西向南南东推移，在地热气垫抬动下，地应力释放，剪断滑床部份基岩快速下冲，推向姜家坡前缘坡角及毛家院子西侧堆积层中。由于前缘崛起台面倒倾，看来整个过程在地热气垫抬托下是瞬时完成的，这与前后缘的活动显然有别。若抓不住此点，就不可能正确揭开全貌。

内能爆发前，由于地热能外溢，引起地表动物异常，促使了表面外力活动，如出现在姜家坡A₃点处地下水涌出，堆积层的塌陷滑移破坏现象；而外力活动，又加速了内力的集中释放，促发了姜家坡处表层微震的发生。由于内力迅猛加强导致了新滩斜坡整体破坏，这与记录波形（I）、（II）两段所能反映的本质完全吻合，波形（I）基本上与滑坡波形相似，波形（II）属小地震S体波型。故内外因是相互依存又相互促进，终于导致滑坡发生。因属表震，所以震源处破坏强烈。由震源处至江边约1.3~1.6km，与估算的圆半径1.3~1.6km恰相吻合。

据此，造成新滩斜坡整体破坏的主因，为发自姜家坡表层的微震，有清晰尖锐S体波（II）相当 $M_L=2.0$ 级能量的震动为证，故主滑源在姜家坡。由北北西向南南东迅猛推进，受前缘基岩所阻折转南至南南西推挤新滩镇斜坡，由于反弹推挤作用各处不均一，形成新滩镇斜坡各处的破坏变形各异。西侧三游沟为急速块碎石流滑塌区，深切基岩拓宽两侧冲入江中；中部高家岭至新毛家院子为隆起堆积不均一微滑移区，有的部位移动很微；东侧为先挤压隆起后缓慢滑移凹槽区，东侧边部为隆起沉陷堆积残留埂。总之新滩镇为被动推挤滑移区，窝塘坑由于前缘姜家坡下滑失去支撑，为张力拉伸被动下座区，所以出现明显多级张力下座阶坎，毫无挤压象征。至于滑前出现的各种现象，均是在内外力相互促使作用下出现的，决不是逐渐形成整体滑移机制，外力缓慢作用的结果而导致整体破坏。不然有些现象不易解释，如滑前新滩镇斜坡毫无活动迹象作何解释，力源何来，仅姜家坡自重能发出 $M_L=2.0$ 级地震能量吗？故作者认为，姜家坡是滑源，微震所生，向前推挤新滩镇斜坡，并牵动窝塘坑下座，即是作者论证整体破坏的主要论点。

八、结 语

作者初步提出新滩滑坡整体破坏动因机制是以内因能量聚集微震为主、外因诱发促进作用为辅的论点。但作者考虑到近年来黄陵及周围地区连续发生大规模斜坡破坏的事实,如盐池河崩塌,秭归土地岭滑坡等;同时该地区大型古滑坡亦很多,尤其沿仙女山九湾溪两断裂带在本区形成崩塌滑坡带,为此可能与黄陵活动构造系有关。作者所搜集的新滩滑坡有关资料,解脱了传统观念的束缚,从实际调查入手进行了典型解剖分析,然后提出了上述观点,抛砖引玉,供同道者讨论。

通过上述客观事实的讨论,可以得出,在活动构造体系范围内,大型斜坡破坏可能均与内应力活动有联系。由此斜坡的破坏可以预测预报,除此次成功的形变观测外,还应进行地应力、地热变化、气象、地下水活动、临滑前征兆及动物异常等的综合观测。还应进行详细的地质构造、应力场展布规律、岩性强度等因素的调查研究,才有可能作到准确预报,免受损失。

参 考 文 献

- 〔1〕 刘世凯等:长江三峡的新滩滑坡,《中国水利》,1985年11期
- 〔2〕 周魁一等:长江三峡地区大型岩崩与滑坡的历史与现状初步考察,《四川水利》,1985年2期
- 〔3〕 蒋镇亚:黄陵—神农架复连环旋卷构造体系,宜昌地矿所所刊第5号,1982年
- 〔4〕 唐贵智:初论黄陵旋卷构造及其动力地质作用,宜昌地矿所所刊第7号,1983年
- 〔5〕 魏廷亮等:一次特大规模的滑坡,《科学试验》1986年第六期
- 〔6〕 荣建东:盐池河大型崩塌,《地震》1981年2期
- 〔7〕 胡祚春:滑坡、塌陷与地震波谱差异,《地震研究》,1985年二期
- 〔8〕 陈宗基等:地下巷道长期稳定性的力学问题,《岩石力学与工程学报》1982年一期
- 〔7〕 梅世蓉:岩石膨胀与地震机制(一)—地壳内存在岩石膨胀的可能性,《地震》,1986年一期