

新滩滑坡的变形发育和临阵预报

骆培云

(湖北省岩崩调查处)

一、新滩滑坡的变形发育阶段

(1) **潜伏孕育阶段(1964年秋以前时间)**。新滩滑坡的物质成分为崩坡积物。姜家坡以下(包括姜家坡)广为耕地和柑橘林。新滩滑坡的早期形变,要反映到地表是难以察觉的。直到1964年秋季,姜家坡地表出现明显的形变之前,新滩滑坡上段的变形,是堆积物深部碎屑物的缓慢位移和调整(也即蠕变),是潜伏在地表下进行的。这并非说没有反映到地表,而是这个阶段的形变量有限,加之是松散的堆积体,在地表不易被察觉。由于滑体深部物质的变化,已经孕育着滑坡的产生。我们称这一阶段为新滩滑坡的潜伏孕育阶段。

(2) **明显发育阶段(1964—1980年)**。由于深部物质的调整和位移增大,同时不断地向地表逼近,并加大形变量。由于地表上松散堆积体的间隙调整已达到最大量,就使得受深部物质位移和调整的最大地段(也即最薄弱地段),不断地形变的积累,地表就展现出形变特征。1964年秋季降雨后,九盘山、广家崖发生了10多万立方米的岩崩之后,在姜家坡西侧出现了一条长450米、宽淤泥层的动水压力,进一步恶化了边坡稳定条件。

3、**基坑开挖切断坡脚的影响**。基坑开挖面积约500平方米,深度3—8米,在基坑开挖还没有切断坡脚和砂质淤泥层时,边坡还处于临界稳定状态;到23日基坑全部挖完后,砂质淤泥层全被切割临空。据基坑竣工图,坡脚开挖坡度为 27° — 72° ,一般均大于 50° ,使坡脚阻力解除。这也是造成滑坡的外界因素之一。

4、**坡顶堆碴与动荷载的影响**。在基坑开挖前边坡顶部堆了碴,使原来的坡顶增高了5米,坡度由原来的 30° 改变为 40° ,而坡脚的坡度又大于 50° ,使整个滑坡体上部荷载猛增(图2上)。同时在滑坡前采用15吨自卸汽车自坡顶向溜槽倾倒混凝土,对坡顶又增加了冲击动荷载。滑前刚倾倒了两车混凝土,受堆碴静荷载与汽车倒混凝土的动荷载的冲击影响,破坏了边坡的临界稳定状态,触发了边坡的滑动。这是外界的主要触发因素。

五、结束语

这次滑坡虽然规模不大,但却给人们造成了惨痛的教训。从其地形、地貌条件来看,是不具备滑坡条件的;从地层岩性上看,在坡脚部位虽分布有一层砂质淤泥(勘测单位定为砂质粘土)透镜体,但由于建筑物是一座高度不大(20—30米)的护岸挡土墙,因而被人们所忽视,从而发生了不应该发生的滑坡事故。所以我们认为,在边坡开挖过程中,不论其规模大小,都应该重视其边坡的地质结构和稳定条件,采取合理的施工对策,方能收到安全施工,保证工程质量的效果。

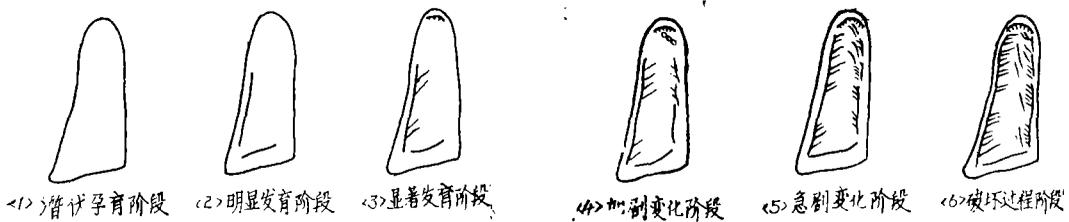


图1 新滩滑坡上段发育阶段与滑动裂缝演变图

0.1米、近南北向展布的长大拉张裂缝，在姜家坡前缘坡顶面600米高程处也产生一条北50°东、长约270米的拉张裂缝。这虽然与崩塌有关，但崩塌前已产生了明显的位移。直到1980年，这些裂缝都无明显的特殊变化象征，除姜家坡前缘有少量松动现象外，滑坡区内也未发现其它异常现象。

(3) 显著发展阶段 (1981—1982年)。进入1981年以后，裂缝的变化幅度虽然不大，但在姜家坡前缘坡坎在雨季有小规模的坍塌和崩滑发生，原姜家坡坡顶面出现的裂缝有增宽、下沉和扩延现象；到1982年，这些现象又趋明显。同年3—6月，仪器监测时发现姜家坡前缘A₃、B₃两点（A₃点在姜家坡前缘坡顶上，B₃点在坡脚下）向江几乎同时移动了36厘米，产生同步变形现象。姜家坡坡顶裂缝出现下坐达20—30厘米，坡顶上前部有少量树木呈现醉倾状，广家崖后缘出现少许下坐，形变特征非常明显，从这些裂缝的变化分析，新滩滑坡上段已从明显发育阶段过渡到显著发展阶段，并已对下段滑体的上部产生微弱的影响。通过仪器观测C视准线，个别点产生毫米量级的变化，但从地表上看不到形变痕迹。

(4) 加剧变化阶段 (1983—1984年)。这个阶段的主要变化特征是，原地表裂缝出现显著的下沉、增宽、延伸。姜家坡前缘出现坍塌、松垮和推挤现象，滑坡东侧边界的长大裂缝从1983年的断续形成到1984年全面贯通；同时，东西两侧断续地产生阶梯式羽状拉张裂缝。1984年底已形成完整的整体滑坡边界条件。滑坡上段后缘，出现“圈椅状”整体下坐已达10米余，前缘推挤鼓出。上部东侧并出现串珠状塌陷坑，新崩堆积块石出现翻滚；中部较陡地段向前推出，新增北西向裂缝数条。姜家坡前缘出现较频繁的崩滑，并且这种崩滑已看不出和雨季降雨的明显关系；坎下出现数条北60°—70°东的拉张裂缝。原姜家坡裂缝产生很大的下沉，一些原较潮湿的地段，地表出现了明显的积水现象（主要在西侧），并且沿着西侧边界直到姜家坡坡脚，普遍出现这种现象。1984年雨季，姜家坡坡脚下西侧沟槽，还出现上千立方米的碎屑泥石流，向下移动20余米，呈现着加剧变化的明显特征。

(5) 急剧变形阶段 (1985年1月—6月8日)。这是新滩滑坡的“病危期”。新裂缝急剧增多，原裂缝急速增宽、加深、扩延，形成阶梯状降落坎（降落坎高1—4米，滑坡后仍呈现这种现象，但降落坎较高）；东侧裂缝边界发展成宽大的裂缝带。姜家坡坡脚下部地带，出现松动坍塌、潮湿积水和挤出现象。突出的特征是，变形量显著增大，新裂缝不断增多。1984年7月至1985年5月共11个月的时间内，上段标高600—750米斜坡地段，布设的8个F₁监测点水平位移从上至下为6.9—2.7米，垂直下沉0.4—1.4米。在姜家坡及坡脚下布设的A₃、B₃点，水平位移达2.7、2.9米，月变速23、24厘米，下沉量分别为1米、1.2米，月变速8厘米和10厘米（其主要变化在1985年）。从8个测点的分布和测量结果，无论是水平或垂直位移，都出现上大下小的情

况，坡上和坡脚出现变形速率同步的现象，明显地反映出滑坡的整体滑动性质。这说明，滑坡已从潜伏孕育阶段进入到急剧变形阶段。

(6) **破坏过程阶段(1985年6月9—12日凌晨)**。对于岩崩、滑坡临阵预报来说，这是一个极其关键的阶段。这个阶段表现出其它阶段所没有的特征，监测数据突变，地表强烈变形，表现如下：

(1) 出现热风。6月9日中午，现场考察在650米高程处横穿滑坡体时，突然有一阵热风扑面吹来，顿感到脸上有火辣辣的不适感觉。

(2) 出现局部滑动。6月10日凌晨4时15分，在西侧沟槽500米高程的下段，沿沟槽方向产生了约70万立方米的局部滑动，使姜家坡坎下的支撑抗滑力猛然削弱，说明上段滑体下滑能量的积蓄已达到临滑状态，拉开了大滑坡的序幕。

(3) 滑坡东西两侧主裂缝，急剧新增阶梯式羽状拉张裂缝，并发展成裂缝沉降带(1985年6月11日凌晨东侧650米高程处，主裂缝已发展成不少于35米宽的沉降带)。在3天的时间内，西侧主裂缝下沉了1.5米，东侧下沉了2—3米，滑体的中上部产生近南北向的纵向拉张裂缝数条，并出现密集的阶梯式羽状拉张裂缝。姜家坡坎下出现平行排列、间距相仿、北60°—70°东的新裂缝3条。

(4) 在滑体的剪出口位置及其影响地带，出现剪出、鼓胀和松动带。姜家坡坎下的毛家院380—400米高程地段，出现一个半圆形的剪出鼓胀带，产生强烈的挤出。1986年3月，在470—480米高程处的斜坎上探槽开挖，挖到了志留系的砂页岩层，因为仅是一个点，尚难说明这就是上段滑体的滑床剪出口位置，但说明有基岩的存在应是无疑，而且在那里形成一个明显的台坎，更有助于这种分析和判断。

(5) 滑体前缘的堆积体普遍潮湿，有的出现过饱和状态，在西侧沟槽有些粘性土体和碎块石产生缓慢的塑性流动。我们曾在临滑前(6月9日)踏勘时抓起过坡坎前缘下的土体，用手可捏成团，掷在地上并不松散。西侧主裂缝一带750米高程以下地段不但潮湿，有两处局部地表还有少量积水现象，而且日益增多；东侧主要在700—910米地带潮湿现象(没有西侧严重)，有一处局部地段有地表积水。

(6) 上段滑坡体的后缘壁产生剧烈下坐。在3天之内的下坐近5米，整个滑坡体内的局部较陡地段普遍出现坍塌，块石产生移位、翻滚。原广家崖壁下的近100万立方米新崩块石“倒石锥”堆积体，从原来的30°—40°的堆积坡度，而变化至临滑前的15°左右。姜家坡前缘崩滑在时间间隔上缩短，规模加大，直到不断产生小崩滑。6月11日凌晨5时30分至7时达到高潮，尔后逐渐有所减弱，但仍然断续地发生，傍晚渐增规模，加大频率，以夜晚9—12时尤为严重。

(7) 在主拉张裂缝带(6月11日凌晨5时)，可听到地下块石强烈挤撞发出的

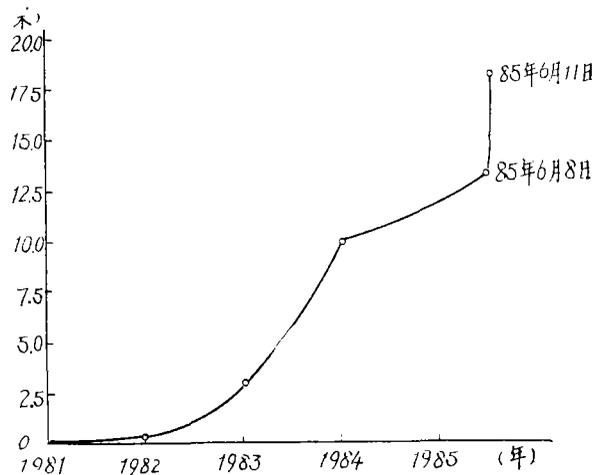


图2、新滩滑坡广家崖后缘滑坡体下坐曲线图

“喀喀咔咔”的摩擦声，不时可看到裂缝两侧的小碎块石和土体掉进裂缝中。

(8) 测量数据出现突变。1985年6月11日上午8—8时45分，在45分钟的时段内，布设的8个Fr监测点，从上至下变形速率依次为每分钟5.3、4.7、4.4、4.0、2.8、1.9、1.3毫米，因滑体临滑前变形突增、仪器水准气泡调整不平，测量结果无法按规范进行。

新滩滑坡的大规模滑动，是从6月12日凌晨3点30分开始，首先在西侧产生强大的闷雷般的巨响；15分钟之后，在东侧产生同样的响声，随即暴发了大规模的整体滑动；至4时20分基本结束，但东西两侧的小崩滑持续了3天时间。大规模滑动时，还产生了强大的电磁感应，使电灯泡瞬间突然暗淡无光，过后才恢复正常。

破坏过程阶段这些明显的变形现象，都是新滩滑坡的异常前兆。我们认为，1964年秋产生的北50°东的拉张裂缝，是新滩滑坡的一个早期前兆现象。因为在松散的堆积体内，要产生那样大规模的裂缝，决非滑坡体地表细小局部的形变所致，而代表着深部活动的实质特征。

二、新滩滑坡的临阵预报

我们对岩崩、滑坡的发展演变规律的探讨和研究，最终目的是要准确地对岩崩、滑坡的规模和时间及其危害作出预报，以利采取防护措施，便于生产设施和人民生命、财产的转移，把损失和危害降到最低限度。

如果用理论计算分析或者采用模拟滑坡的方式来计算现今滑坡的稳定性，一般是很难计算出来的。因为计算参数的选取、模拟边界条件的确定等滑体内部物质的非均一性，人们是很难做到与实际情况完全一致的。尽管可以把工作做得非常细致和计算非常准确，只要选取的参数和模拟的条件不准，其结果就可能与实际情况相差较大。但是如果根据现今滑坡滑动的速度和速度变化率的情况，结合一些已有的同类型的滑坡实例分析，就可能作出很有说服力的推断。

新滩滑坡的临阵预报，就是从工程地质的角度，从裂缝变形速率和变化发展情况的分析，结合斜坡滑动点上布设的仪器观测结果的研究，根据外地的大型岩崩、滑坡实地考察所掌握的临滑前的前兆异常特征与新滩滑坡滑前的前兆现象对比分析、研究判断而准确地作出的。我们认为，在滑坡滑动机理的研究中，注意裂缝的分布位置和变化发展速率，进行布点监测，是一种非常简单而很有价值的工作。再结合一些已发生岩崩、滑坡的实际经验教训和前兆现象进行分析总结，是搞好岩崩、滑坡临阵预报的很好方法。

我们就是在详细分析了现场考察甘肃省东乡县洒勒山滑坡、四川省云阳县鸡扒子滑坡和盐池河山崩、湖北竹溪县滑坡在滑动前裂缝突变情况和一些显著的前兆异常，采用工程地质类比的方法，结合新滩滑坡出现的裂缝突变和前兆异常，认真分析观测数据、图形的变化和急剧增大的原因，从两侧阶梯式羽状拉张裂缝展布的方向，判断滑坡体的主滑方向和进行临阵预报的。在地县救灾指挥部规定的6月10日的限期内，我们在险区现场认真判断分析，为新滩人民在6月11日继续搬迁争取了最关键的一天时间。这一天至少抢搬了10多万元的财产。就在我们下午5时发出：“有整体滑移前兆，险情告急”的加急电文11小时之后，新滩这座繁华的古镇被摧毁了。这说明我们的认识和分析判断，作出的临阵预报是符合客观情况的。

敢于作这样的临阵预报，是在对以下几个条件进行了认真分析和研究的结果：

- 1、新滩滑坡上段，水平距离近800米，滑距较长，整个滑出需要一定的时间；
- 2、充分借鉴已发生的山崩、滑坡的经验教训，采用工程地质类比法，区别松散堆积体与洒勒山黄土、盐池河岩体和鸡扒子土体滑坡的差别；

3、上段滑体的地表坡度不大，滑坡的滑床受志留系页岩层面的控制，它倾向北西，而滑坡体的运动方向与岩层面和倾向有关，主滑物质的运动方向应倾向长江上游；

4、滑坡体物质成份主要为大块石、碎块石和粘土，自身有一定的稳定程度。特别是临近滑床面的大块石在滑动的过程中，将碾刻滑床，产生较大的抵抗力。要克服这个抵抗力需要有一定的调整时间；

5、根据滑坡的变形（特别是前缘的崩滑），有早晚增强的现象。11日凌晨5时30分至7时，滑体变形相当剧烈，但7时之后逐渐有所减弱，说明变形没有急剧增强，有一定的间歇调整；

6、考虑到抢救的时间是白天，而且新滩人民已从认为不会滑坡到认为滑坡将要发生，提高了防灾的警惕；

7、从6月10日下午开始的紧急搬迁过程中，居民财物已集中到沿江东侧一带，一旦险情恶化，也可设法脱离险区；

8、考虑了一定的安全裕度，我们在山上向指挥部报告11日再抢一天的同时，规定了4条：一是老弱病残不能进入险区，二是搞好上下监测通讯联络和报警，三是只抢生活物资，不抢笨重财产，四是提前到5点30分戒严。

实践证明，我们的分析判断和认识是正确的。我们从工程地质的角度出发，始终把握滑坡体上裂缝的变化情况，密切注视新的变形特征，高度警惕在一些已发生过的大型岩崩、滑坡破坏前的前兆异常在新滩滑坡中的出现和观测数据的研究分析，终于捕捉到了大滑坡发生的前兆，适时地作出了24小时之内的临阵预报，为保护人民的生命财产安全和交通航运做了一个地质科技工作者应做的工作。我们认为，搞好临阵预报除了捕捉大滑坡前兆外，还必须很好地分析滑坡的几何形态、规模大小、矢量方向、运动的自由空间、坡高、坡度和滑坡的本身岩土性质是整体的还是破碎的，要特别注意滑动方向，还要做好群众的宣传、解释和教育工作。

三、新滩滑坡的成因浅析

新滩滑坡是在岩层下软上硬、谷坡与峭壁更迭的缓坡地质地貌条件下形成发生的，受着区域性地壳抬升和河谷深切的影响，在构造上夹持于仙女山与九湾溪两条活动断层的地块之间，岩体受节理、裂隙的切割，完整性差，崩塌活动严重，崩塌物来源充分。由于黄崖山体的高陡峭壁，形成了近2公里的不稳定崖坡。从历史上的崩塌记载和现今的频繁崩塌，都说明新滩滑坡的堆积体，与黄崖山体的不断崩塌后退、向西迁移有着密切的联系。历史上新滩两岸岩崩、滑坡曾多次发生，造成灾难。史料记载的有公元100年、377年、1030年、1542年、1561年和1935年等，其中尤以1030年、1542年最为严重，曾分别堵江（可能是碍航）21年和82年。据《归州志》记载：“明嘉靖二十一年（1542年）久下暴雨，新滩北岸山崩五里，逆浪百余里，舟楫不通，压居民百余户”。说明新滩岩崩、滑坡有其继承性。这次新滩发生的大滑坡，是古滑坡的一次重现。我们从1985年6月12日新滩滑坡推挤超负形成的鼓包和古滑坡残留的鼓包分析，规模超过3,000万立方米以上的滑坡，在新滩至少有过3次。

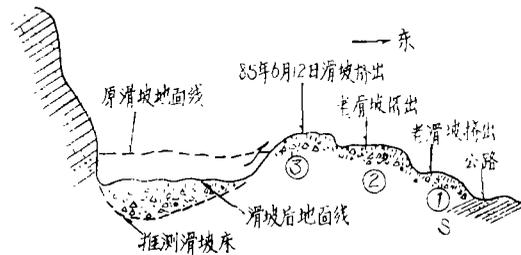


图3、新滩滑坡上段新老滑坡的挤出情况示意图

但滑坡的规模逐渐减小，而其西侧深度不断增加，导致西壁崖坡不稳定，产生崩塌和堆积，形

成新的滑坡。以滑坡——崩塌——堆积——滑坡的循环过程,向西迁移。西壁岩层之所以能够不断加深,与西侧存在的断层是有密切关系的。从6月12日滑坡形成的鼓包和古滑坡残留的鼓包遗迹对比分析,每次滑坡的性质是相同的,滑坡的规模和形态受地貌和基岩形状严格控制,而且形变的产生首先发生在西侧。从东西两侧羽状裂缝的排列角度分析,西侧大于东侧,说明产生滑动的主滑方向应该临近西侧。这个分析与滑后的情况是完全一致的。

新滩滑坡是一个崩塌加载、冲击失稳,使古老多期的滑坡复活,属推挤型堆积层的滑坡。真正产生滑坡的主导因素是什么?我们认为,是上部不断增加崩塌积荷重的积累,产生强大块石崩塌冲击力和地下水、地表水的综合作用,而且水的作用是一个较大的影响因素。从1984年地表出现潮湿、局部地表少量积水到临滑前滑体西侧地段(特别是姜家坡脚地带)普遍出现潮湿现象,从而降低了滑体的抗剪强度,增大了荷载量,对加速滑坡的破坏过程起了促进的作用。另外,黄崖山体下的采煤活动和滑坡体上的耕种也是一种不利因素。在新滩滑坡发生期间,尚未发现地震的报道资料,因此与地震活动没有什么联系。构造活动对新滩滑坡的产生是否有大的主导作用,还需要认真细致地做调查研究工作。

四、问题研究与探讨

新滩滑坡是长江岸坡发育过程中的一种自然现象。从新滩滑坡碍航的情况分析,岩崩、滑坡形成急流险滩而碍航,是峡谷型河道存在的必然事实。但是,发生在长江岸坡的岩崩、滑坡不光是碍航,而且还产生强烈的涌浪,其危害十分严重。这就产生了岩崩、滑坡与涌浪这个问题。1985年12月,地质矿产部水文司和国家科委联合召开了新滩滑坡讨论会,与会者认为,新滩滑坡隐患未除,仍应高度警惕。怎样分析研究新滩滑坡再次活动的规模、形式以及是否碍航和造成涌浪危害,是一个需要认真研究的问题。

近年来,新滩滑坡的活动,并非是孤立的,南岸链子崖1—6号裂缝地段变形也有加剧趋势,并且在链子崖坎下以南出现了一个小型的崩塌和滑坡体,毗邻的香溪河岸坡(仙女山断层通过地带),也出现不少滑坡地段,并正在加剧。早在1983年10月26日凌晨发生的盐关滑坡,曾危及香溪河矿务局一个矿井和生活设施的安全。从邻近地段的情况分析,滑坡发生并非是单一的偶发现象。这种现象的产生,是区域性的影响,还是本区的降雨气候或与其它条件等因素有关,要进行探讨。

新滩滑坡后,厂家崖后壁约有60万立方米危岩体产生了变形迹象。从1985年6月滑坡后设点至今,点的最大下沉量已达15厘米,水平位移也不断增大。它是否会产生整体崩塌?如果崩塌,是否会导致新滩滑坡的再次大规模活动?这需要进行认真的物理力学计算,并高度注视其发展变化。

新滩滑坡的变形迹象表明,一般的崩塌和小崩滑在凌晨或傍晚发生较为突出。一些已发生过的山崩、滑坡的局部地区,也存在这种现象。产生这种现象的原因是与潮汐有关,抑或是地壳内部本身的影响?这对于岩崩、滑坡的分析研究和预报很有意义,应当进行深入的探讨。

目前,人们都普遍关心着三峡工程的建设,库岸稳定问题也是很重要的一个方面。新滩滑坡的发生,对这个问题提供了一个天然试验场所,提出了碍航和涌浪的问题,这是应该认真对待和研究的。即使三峡大坝建成以后,水库加大,江面加宽,对航道而言总的趋势是改善的。但在蓄水初期和水库运行期间,特别是遇到洪水年,库水位的迅速抬升和消落,将导致一些目前处于基本稳定状态或次稳定的岩崩、滑坡再次活动,并加速不稳定岩崩、滑坡的发生(特别是近坝址地段),对这种可能造成的危害是需要认真研究、审慎对待的。