

土凤岩—马家坝古滑坡复活机制及发展趋势

刘新民 王淑敏

(中国科学院成都地理研究所)

彭炳坤

(湖北省秭归县水电局)

提 要

继1982年鸡筏子滑坡、1985年新滩滑坡之后,于1986年7月16日,距长江南岸7.5公里的秭归县土凤岩—马家坝又发生一起灾害性滑坡。

滑坡性质,属历史上古滑坡的一次全面复活。滑体总量约3,000万立方米。滑坡为特大暴雨触发,起始于坡体上部基岩崩塌堵沟。沟内水位迅速陡涨,洪水在短时间内侧向注入古崩滑体内,产生强大的动水、静水压力,推动坡体中下部各级古滑体向下滑移,直至河谷为止。

目前滑体重心还相当高,地表裂缝密集,两侧天然排水沟被滑坡堆积物充填,滑坡堵江的趋势已势在必行。

防治措施是,继续开展滑坡监测及报警工作,修复排水系统,改水田为旱地,夯实地表裂缝。

继1982年鸡筏子大滑坡、1985年新滩大滑坡之后,于1986年7月16日7时30分,距长江南岸7.5公里的湖北省秭归县白沙乡土凤岩至马家坝又发生一起重大滑坡灾害。顷刻间,暴雨伴随山崩,大量土石岩块从海拔700米左右的土凤岩向下推移,至海拔175米的马道子河谷附近剪出,滑舌伸入河床20余米。滑坡破坏面积1.2平方公里,滑体长2,400米,平均宽500米,平均厚25米,滑体总量约3,000万立方米。

这次滑坡就其性质而论,是历史上古滑坡的一次全面复活,具有前期变形隐蔽,后期滑动突然的特点。虽无一人伤亡,但是滑坡使土地岭、胡家岭、马家坝、大湾4个村10个组219户924人的生产生活资料全部丧失。

据秭归县抢险抗灾指挥部截止7月18日的灾情统计,滑坡推倒、掩埋房舍1,115间,毁村民家存粮138.5吨,农田127公顷(其中水田43公顷),多种经济作物40公顷,山林140公顷,坍塌堰塘14口,公路5公里,机耕道35公里,桥涵7座,高低压线路7.2公里;坍塌煤矿、加工厂等乡镇企业7个,小学、卫生院各一所。总经济损失合人民币449.24万元。

当前滑坡还有进一步恶化的趋势,滑坡堵江的基本条件已经具备。沙镇溪屯里荒、两河口牌楼村尚有56户227人和3个小水电站(装机容量1,520千瓦)仍受到滑坡堵江的威胁。马家坝尚有33户183人和公路道班、小学有可能发展成为新险区。

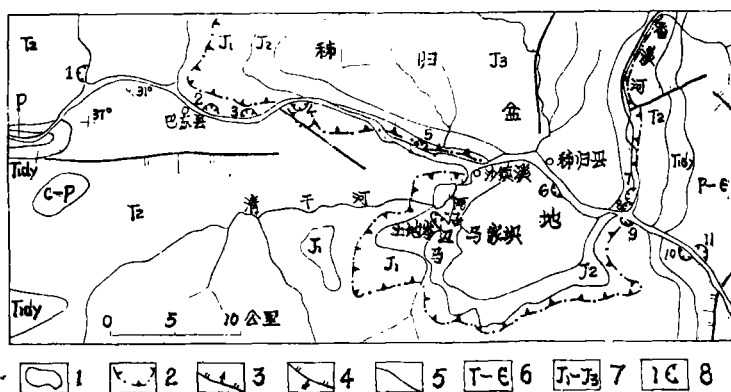
根据实地考察资料,综合兄弟单位研究成果,概要论述古滑坡复活的自然地质背景、滑坡基本特征,重点论述古滑坡复活机制及发展趋势,并对滑坡防治提出肤浅的认识。

一、古滑坡复活的自然地质环境

滑坡区附近出露地层简单，按岩性特点可划分出基岩和第四系松散堆积层两部分。基岩由中生代侏罗系中统（ J_2 ）灰绿色中—厚层砂岩、泥质砂岩、泥岩互层组成。岩层倾向北东 66° 。倾角上缓下陡，在坡体后部海拔700米的土凤岩一带倾角 $10^\circ-12^\circ$ ；坡体中部海拔500米左右的燕窝槽两侧，倾角 $15^\circ-18^\circ$ ；坡体前缘至马道子河对岸，倾角增为 $20^\circ-23^\circ$ 。

第四系松散堆积层，分布于海拔650米以下，挟持在南北两条冲沟之间，由风化粘土夹块石组成。块石含量不均，往往在堆积物组成的多级平台中前部块石含量增加，粘土含量相对减少。堆积物厚度在纵向上变化也较大，坡体中上部10—30米不等，坡体中前部，燕窝槽及下线公路以上40—60米，最厚达75米；坡体前缘至马道子河谷一带厚度明显变薄至15—20米。这些堆积物厚度大的地段是组成多级台阶的主体，按其成因类型，属古滑坡多期作用的产物。这些堆积物按其风化程度，愈接近坡体中前部，岩石风化愈深而呈次棱角状；愈接近坡体中上部，岩块断面愈新鲜而呈尖棱状。这一事实，表明古滑坡作用的序列是由前至后，时间上由老至新。值得注意的是，古滑坡堆积物的对岸有遥相对应的粘土夹块石贴于基岩陡坡之上，颜色、风化程度、块石成分及含量，都与这次古滑坡堆积物前缘情况保持一致。

滑坡区附近，地质构造上属秭归向斜盆地的西南边缘地带（图1），就大的构造格局上看，



1—地层界线；2—盆地边界线；3—正断层；4—逆断层；5—性质不明的断层；
6—三迭至寒武系灰岩、砂泥岩；7—侏罗系砂泥岩；8—区域滑坡及编号。

图1 土凤岩—马家坝滑坡区域环境地质图

东受古老黄陵背斜坚硬基底的控制，东南有仙女山、九湾溪活动断裂的影响，西南受新华夏系北东向鄂西隆起带的制约，北有大巴山弧形褶皱带的干扰，岩层显得十分破碎。区域性的构造节理裂隙发育，最有滑坡成因意义的是北东、北西两组：第一组裂隙走向北东 20° ，倾向北西，倾角 $45^\circ-55^\circ$ ；第二组，走向北西 $320^\circ-340^\circ$ ，倾向北东，倾角 $50^\circ-60^\circ$ 。

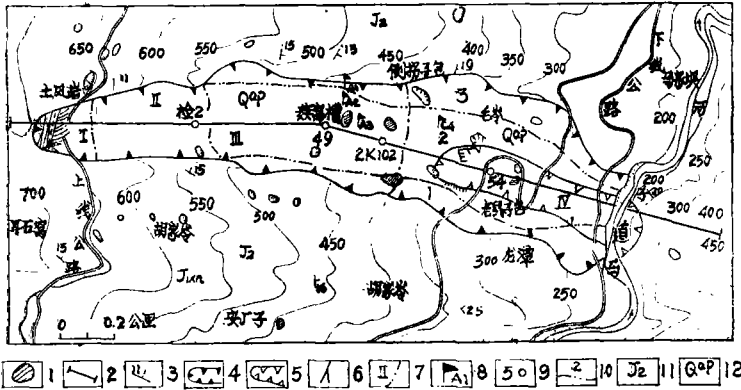
滑坡区附近地貌上属低山丘陵组成的顺向缓坡。滑坡复活前的地表平均坡度 $10^\circ-12^\circ$ ，仅坡体中前部ZK102孔以下稍陡，约 $18^\circ-20^\circ$ 。坡体两侧以近东西的两条冲沟为界，整个古滑坡体置

于其间。从冲沟两侧的松散堆积物看，是历史上滑坡堵沟后又被后期流水改造切割的结果。

滑坡区附近属鄂西山地暴雨中心地带偏北的部位，年降水量1,100—1,300毫米，降雨量随海拔高度的增加而增大。1975年8月9日，日暴雨量达79.3毫米，暴雨诱发全县坍山滑坡多到无法统计，已经产生严重危害的有876处，其中包括马家坝滑坡前缘的部分复活。1986年7月14日凌晨2时至16日14时，秭归县降大到特大暴雨，总降雨量为173毫米，其中15日20时至16日8时，13个小时降暴雨133.6毫米。全县出现坍山滑坡1,363处。确切的说，暴雨是鄂西山地诱发坍山滑坡最积极活跃的因素。

二、古滑坡复活的基本特征

土凤岩—马家坝古滑坡复活，按其空间分布特点及运动性质，纵向上分4段，横向上分3区(图2)。纵向上每个段既自成一个单独的滑坡体系，又和相邻的前后两段互相牵扯。它反映在滑体结



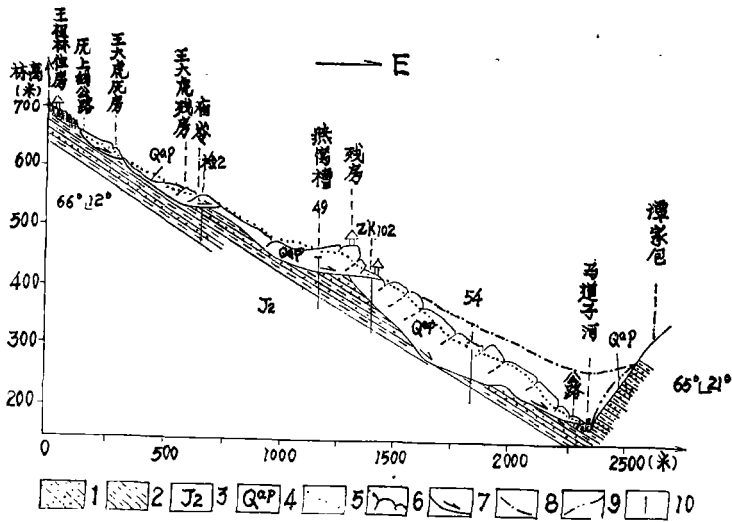
1—堰坝；2—剖面线；3—基岩产状；4—滑坡边界线；5—1975年复活边界线；6—地裂缝；7—分段线及编号；8—长观点；9—钻孔及编号；10—分区线及编号；11—侏罗系中统；12—滑坡堆积

图2 土凤岩-马家坝滑坡地质平面

构特征上，每一段滑体的前部，厚度大，块石含量高；后部粘土含量增加，块石含量相对减少，厚度相应变薄。滑面具有二段式，即中后部陡倾迁移段；前部水平抗阻段。每一段首部的水平抗阻段凌驾前一段的尾部滑体之上，首尾相连，构成叠瓦式的整体结构(图3)。现分段区简述如下：

I—顶部快速崩滑段。分布于后山基岩陡壁的中前部。海拔610—680米，相对高差70米。滑体长200米，厚15—20米，台前增至30米，以崩塌块石为主，夹少量风化粘土。陡倾迁移面倾角 50° — 60° ；水平抗阻段倾角仅 3° — 5° 。本段为整个古滑坡复活的原始推动力发源地，由于暴雨洪水沿基岩陡壁地裂缝侵入，导致崩塌作用强烈，崩塌体对该段古滑体产生巨大的推力，促使已经被雨水饱和的古滑体迅速向前推移。

I—中上部快速滑动挤压段。分布在海拔540—610米。滑体长420米，厚8—16米，至平台首部厚度增到30余米。滑体由粘土夹块石组成，粘土含量可达40—50%。滑面水平抗阻段倾角 5° — 7° ；陡倾迁移段倾角 15° — 20° 。由于水平抗阻段的长度远小于陡倾迁移段的长度，致使该段滑坡滑



1—砂岩；2—泥岩；3—侏罗系中统；4—滑坡堆积物；5—滑前地面线；6—滑后地面线及裂缝；7—滑面及滑动方向；8—历史滑坡堵江推测线；9—历史滑坡过河残体边界线。

图3 土凤岩—马家坝滑坡地质剖面

速快，滑程远。据目睹者王大虎口述，滑动前他家住处在台阶上，滑动时房子突然被埋而全无踪影；第二天早晨房子又从地里冒出来。我们核实了现场，确认房子经24小时滑移300米，平均速度为12.5米/时。王同志还提出了几个重要线索；

- 1、临滑前有气浪感；
- 2、滑动时一起一伏并伴有轰轰隆隆的地声；
- 3、滑坡快速滑动起始于1986年7月16日7时30分，止于16时。

上述现象表明，该段滑坡最大速度是在滑坡启动后的一瞬间，一起一伏表明滑速不均。滑体中后部出现的腾空陷落洼地深达20余米；滑体前部出现反翘，高出原地面线8—10米；近南北冲沟两侧的滑体被挤上岸坡8—12米而出现“翻边”。这些现象和新滩滑坡中上部出现的情况类似。由此推断该段滑坡的最大滑速至少在10米/秒左右。

Ⅱ—中部缓慢滑动挤压段。分布于海拔410—540米，滑体长700米。厚度变化大，由前至后分别为75米、40米、12—15米。堆积物为粘土夹块石。平台前部块石增多，还可见到直径大于1米的孤石，组成坚实的抗阻段。滑面呈典型的二段式，水平抗阻段倾角5°—7°，陡倾滑移段倾角15°—17°。尽管水平抗阻段小于陡倾滑移段长度，但因前部平台阻力大，后部滑体单薄，缺乏强大的推力，所以滑速不高。

据胡家岭6组王祖恒认定，他的住房一共向前滑移80米，其中第一天滑50米，其余30米是第二、第三天滑的。按上述情况估算，该段滑坡快速阶段的平均滑速是2.08米/小时。

Ⅳ—中前部蠕动挤压段。分布于海拔175—410米。滑体长900米，厚60—80米，近河谷一带减薄，仅15—20米。滑体仍由粘土块石组成。滑面受基岩侵蚀面控制，有较短的陡倾滑移段，倾角

约 20° 左右;无明显的水平抗阻段。前端滑舌冲入河床20余米。地表出现10余条挤压裂缝,所有水田、堰塘反倾拉裂疏干,但原形结构清晰可见,未出现岩石翻滚、“翻边”等现象。这与鸡筏子、新滩滑坡前缘的滑坡结构判若两样。据该段后部C₁观测点资料分析,7月25日以后,滑体的主要部分已处于相对稳定阶段。

土风岩—马家坝古滑坡全面复活之后,横向解体呈3个区:

1和3——壅流滑动区。以南北两条冲沟为主体,上至海拔500米,下至马道子河谷。由于南北二沟被滑体充填,排水不畅,致使土体稀释泥化,酿成壅流型滑坡。这从近南沟、北沟的两个观测点A₁和A₂,自7月24日以后,滑速又有所增大得到证实;还可以从河谷剪出口两侧有黄色浆泥可得到更确切的证据。

2——隆陷滑动挤压区。包括I、II、III、IV段在内,构成马家坝滑坡的主体,总的特点是,各段滑体互相重迭,结构相对完整,滑面呈台阶状。地表挤压裂缝密集,每一个台阶前隆后陷。目前处于相对稳定状态。

三、古滑坡复活机制及发展趋势

土风岩—马家坝古滑坡全面复活,是地质历史的重演,它与该区地层、岩性、构造、地貌以及暴雨洪水的作用密切相关。其中特大暴雨起了重要的作用。

侏罗系砂泥岩互层中,泥岩易形成潜伏的软弱结构面和滑面。两组区域性的构造节理裂隙,起着分割完整基岩的作用。与此同时,使河谷沿构造裂隙发育,地貌上形成有利于顺层面滑动的临空面。这些总的地质地貌背景,构成马家坝地区及其外围滑坡规模大、分布密集成群、活动频繁的内在因素。据统计,滑坡区外围,沿长江及其支流两岸60公里的范围内,1,000万立方米以上的滑坡达10余处。绝大部分分布于秭归盆地边缘,有的已经产生严重的危害(新滩),有的尚在酝酿发展中(黄腊石、链子崖)。著名的范家坪滑坡,滑体总量达1亿立方米。秭归县对岸的楚王城,为明代归州县城,因被滑坡所毁灭后,被迫迁到现今秭归县城。1950年西壤口古滑坡复活,曾堵断龙船河,回水10公里。

据近几年滑坡观测资料,在秭归盆地境内的长江及其支流两岸,总的趋势是山体地裂缝在扩展,老滑坡在复活,新滑坡在启动。这可能与地壳近期抬升强烈和异常的暴雨天气形势有关。我们认为,川东鄂西山地,自八十年代开始又进入了一个新的滑坡活跃期。

根据古滑坡体纵向上呈多级台阶,台阶前部多以块石为支撑骨架,台阶后部粘性土增多;且愈接近坡体前部的台阶,块石风化程度愈深。这种多级台阶物质组成有规律的罗列,是该滑坡具有多期复活的佐证。每一次复活的驱动力,大多数情况来自坡体后缘的基岩崩塌体累积到一定厚度时,一旦外界自然条件突然变化(如暴雨洪水、地震、人为因素等),滑坡就向前推移,或凌驾于前一级古滑坡平台之上而休止,或推动一级,甚至推动各级古滑坡平台向前,构成一次式的整体滑动。这就是该滑坡发育的模式及复活机制。

据现今滑坡地貌形迹和残留在对岸基岩陡坡上的古滑体分析,马家坝历史上曾发生过一次重大的滑坡堵江事件。从古滑坡堆积物的下限置于现代河滩阶地之上看,表明堵江时间迄今不超过3,000年;从贴于对岸基岩陡坡之上的滑坡残留体达到的高度上看,历史滑坡堵江的相对高差达100米左右;从堵江段上游未发现湖积阶地和湖积淤泥粘土看,堵江时间不长。

综上所述可以作出推测,如此巨大的古滑坡堵江,必须具备以下条件:1、滑坡重心位置要高;2、滑体方量要大;3、滑面摩阻力要小;4、还必须是一次式整体滑动。

从现今马家坝古滑坡中上部巨厚的堆积层来看,能满足前面两条。滑面摩阻力的降低,推测为暴雨所致。据堵江规模判断,暴雨量和延续的时间,远比今年的大。从古滑坡堵江机制上看,可以这样认识:坡体中上部的巨厚堆积物,在暴雨触发下首先启动向前推移,前驱置于中前部古滑体之上,巨大的推动力除克服自身运动的阻力外,全部传递给下伏坡体,于是上下两部互为一体,构成一次式整体滑动。前端滑舌插入河床,并卷起河床块石,越过对岸向上推举,直至举高100米左右,能量消耗殆尽为止。这一认识,可以从对岸滑舌顶端找到马道子河谷次圆状的块石而得到验证。

1975年8月9日,马家坝古滑坡出现了部分复活。这次复活的位置是在坡体中前部。据秭归县气象局资料,当年6月23日—7月6日,秭归县连续降雨14天,总降雨量达144.2毫米,之后于8月9日全县又降特大暴雨。由暴雨引起江河水位陡涨,山洪泥流暴发,马家坝古滑坡前缘被强大的山洪冲击旁蚀,出现了部分复活。此次古滑坡的部分复活,虽未牵扯到中上部古滑体的松动,但它削弱了坡体中前部的抗滑能力,为今年7月16日古滑坡全面复活扫除了部分障碍。

1986年7月16日,土凤岩—马家坝古滑坡全面复活,就规模而论与新滩滑坡相当,复活机制却与1982年鸡筏子滑坡相似。滑坡复活前无明显征兆,所有村舍均未出现拉裂倒塌现象,为此村民近几年还在大量建新房。后山土凤岩出现的3条地裂缝早已存在,据金盆一组85岁的村民王长考老人口述,他12—13岁就看到后山开口子,当时一步可跨过,到滑坡前夕就一步跨不过了。

土凤岩—马家坝古滑坡是在连续降雨42小时之后,又连续降暴雨11时30分,暴雨量达到高峰之后才开始起动的。据目击者王大虎口述,早晨6时30分钟,时逢大暴雨,后山南沟北侧垮岩,沟被堵,尔后洪水溃决,挟带大块石又堵死上线公路桥涵洞,南沟洪水位迅速上升,翻越公路下泄,发出巨大的吼声。7时许,土凤岩一带整个山体都在晃动;7时30分,上线公路以上的陡岩连同其下的土石岩块就一起一伏地向前快速滑移。

据王同志提供的线索,结合我们考察的成果分析,滑坡启动前,土体已完全达到饱和,强度指标极大降低(据鸡筏子滑坡试验资料,天然含水量与饱和含水量状态下比较,滑带土的残余抗剪强度 C 值下降40%, ϕ 值下降50%)。在这种状况下,都还不足以促使滑坡启动,关键在于南沟被堵后,洪水位迅速升高,洪水沿地裂缝及上线公路以上的古崩塌体横向注入后,产生强大的动水、静水压力,促使了后缘崩滑体向前迅速推移。滑体在运动中要克服多级平台的抗阻段,所以速度上时快时慢,波状起伏,地表出现隆升与陷落相间的地貌景观。当滑坡运动30分以后,一方面暴雨接近尾声,另一方面要克服抗阻力大的燕窝槽平台,对运动带来不利因素。但是滑体中上部,南北二沟被堵,流路不通,沟内集水继续渗入滑体内;除此以外古滑体上的14个堰塘,40余公顷水田逐渐拉裂后,所有地表水灌入滑体,推动力又得到新的补充,继续把抗阻力大的燕窝槽平台向前推移,且迭置于下部古滑体上,推动下伏古滑体缓慢移动。当逐级发展到马道子河谷时,已到当日14时,降雨停止,滑体推动力缺乏后劲,整个滑体进入调整性的蠕动阶段。7月24日以后,滑坡活动日趋稳定,仅两侧冲沟附近的滑体,因堵沟集水注入滑体内,滑动速度略有回升。这一认识可以从7月21日至28日的位移观测资料得到证实(图4)。

目前,整个土凤岩—马家坝古滑坡堆积物的绝大部分,还集聚于坡体中上部,滑坡重心位置还相当高。古滑坡早期储备的势能,这次复活过程中没有得到最大限度的发挥;南北二沟被堵后,天然排水通道遭到彻底破坏;复活后的地表更加起伏不平,岩体普遍拉裂松动,有利于地表水的聚集和渗入。南北两沟目前已出现集水坑多处,沿沟两侧的堆积物已稀释泥化;马道子河谷上下两侧有黄色泥浆显示,大有一触即发之势。若遇大暴雨或暴雨洪水,南北两沟首先出现泥石流的可能性最大。滑坡主体部分潜伏着更大的危险,重演滑坡堵江的历史已势在必行。按历史滑坡堵江痕

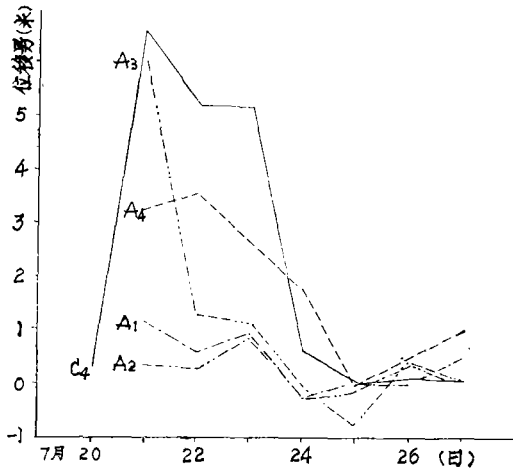


图4 滑坡位移量与时间关系

迹考虑，堵江海拔可达280米左右（相对高差约100米），那时坝上游海拔280米以下的村舍将遭洪水淹没。据堆积物特征，堵江溃坝的可能性最大；一旦溃坝，沿江下游陕西营至沙镇溪（长江口）两岸的农田村镇将遭到严重破坏。

四、防治措施及建议

1、继续做好滑坡位移监测工作，配备好通讯联络及报警系统，一旦险情恶化，立即组织群众疏散、撤离；同时要备有一定数量炸药，采用空投炸坝泄水，以防止灾情扩大。

2、及时修复南北两条天然排水通道，夯实堵死地表裂缝。对三条公路涵洞的恢复应先通过水文计算，尔后施工；滑体上的水田应改成旱地或林地果园，滑体上的引水渠应注意防渗。

3、新建村舍，应避开有可能复活的古滑坡体及不稳定体，最好请有关专业人员共同商定。

4、鉴于秭归县近几年来山地灾害活动频繁，在我国南方实为典型，加之地处未来三峡库区腹部，事关重大。建议有关部门报请国务院批准，将秭归县列为我国南方山地灾害防治的重点，投入一定的人力物力，长期深入观测研究，借以把我国山地灾害的防治研究工作，推向一个新的阶段。

REVIVE MECHANISM AND DEVELOPING TENDENCY OF
ANCIENT LANDSLIDE IN TUFENGYAN-MAJIABA
OF THREE GORGES REGION

Liu Xinmin Wang Shumin
(*Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica*)

Peng Bingkun
(*Water and Power Bureau of Zigui County, Hubei Province*)

ABSTRACT

Following Jifazi landslide occurred in 1982 and Xintian landslide in 1985, a catastrophic landslide of Majiaba in Zigui County occurred on 16 July, 1986, about 7.5 km south of Yangtze River, being a complete revive of historic dormant landslide.

Its revive was triggered by particularly heavy rainfall. The reactivated landslide attained a volume of 30 million m³. Being due to damming gully by rock collapse at upper part of the slope, impounding water level in the gully rose rapidly, flooding emptied both-sidely into ancient slide deposits in a short time, creating a strong dynamic-statical water pressure, pushing ancient slide deposits on the middle-lower part of the slope to move downward till the valley.

The gravity center of the gliding mass is higher now, there are many ruptures on the ground, both sides natural drains are filled by sliding deposits, therefore there must be a tendency of damming river.

Taking continually monitor of slide movement, sliding, warning repairing drain system, transforming paddy fields into dry land, ramming ruptures on the ground can be taken as countermeasures.