

观音岩滑坡险情告急及防治途径

刘新民 颜可芬

(中国科学院成都地理研究所 成都科技大学水利系)

1982年7月27—28日,川东南地区普降暴雨,江河水位陡涨,出现了历史上罕见的洪涝灾害。与此同时,沿江河溪流两岸,多处发生地裂、山崩、滑坡、泥石流等,给当地人民的生命财产带来巨大损失。有些地段迄今留下隐患,有可能进一步恶化,酿成重大灾害。当前急需查清,提出切实可行的措施,防患于未然。

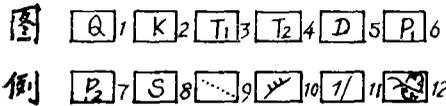
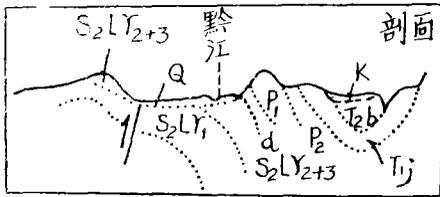
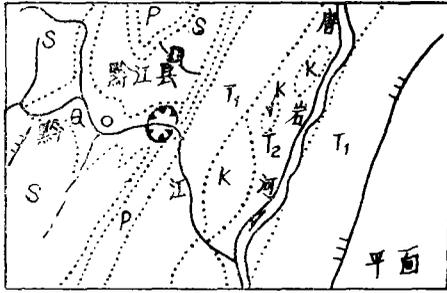
本文以观音岩滑坡险情为例,重点论述滑坡形成的自然地质环境;滑坡基本特征及成因;探讨滑坡险情及危害;并对滑坡防治途径进行对比取舍,供决策参考。

一、观音岩滑坡形成的自然地质环境

观音岩滑坡位于川东南黔江盆地出口的观音岩峡谷段,上游距黔江县城1.5公里。峡谷海拔550—800米,相对高差250—300米。峡谷长0.5公里,谷坡分上下两部分:上部为相对高差约100米的垂直峭壁;下部为缓坡,其中左岸天然坡度 18° — 22° ,右岸稍陡,约 25° — 28° 。整个河谷形态似大“U”型谷套小“V”型谷。

岩溶区抽取和疏干地下水,或在覆盖层上修建厂房和架设桥梁等,都曾经引起过大量的岩溶塌陷而招致工程失败;大范围内过量抽取地下水而降低地下水位,或水库蓄水加载,均可造成地面沉降;铁路和公路开挖边坡引起的大量滑坡、崩塌,岸边采矿引起的山崩,修建水渠引起的滑坡,以及矿渣堆放不当引起的泥石流等,也与日俱增。如成昆铁路在牛日河、孙水河一带的顺向坡(或顺断裂破碎带)开挖的人工边坡,在施工和运营中曾多处产生滑坡,甚至造成铁路改线或运营中断。四川龙泉山一带的都江堰主渠道正好与龙泉山断裂带并行,由于渠道开挖和长期渗水产生的多处“渠道滑坡”,也是久治不愈。尤其是在强烈褶曲、断裂等构造破碎地段,渠道病害极为严重。如人民渠第七期主干渠中长33公里的中上段,因沿合兴乡断裂展布,产生滑坡69处。沿渠分布总长度达14.95公里,几乎占渠道总长的一半。在雅砻江上游,由于古滑坡上的渠道渗水,在1967年发生了体积达6,800万立方米的唐古栋滑坡。湖南柘溪水库,蓄水不久便在库岸的顺向河段发生了165万立方米的大滑坡。与之相反,湖北温峡口水库由于建在横向河段,尽管坝址紧靠断层,建成之后发生过坝基渗漏等其它工程地质问题,但坝肩及库岸却比较稳定。因此,我们可根据天然条件下外动力地质现象的发育分布规律,因势利导,避免人为造成类似条件。也就是说,首先应当在工程选址和选线中避开具备外动力地质现象发育条件的区域、地段和位置,少用或不用可能诱发外动力地质现象的设计方案或施工方法;不得已时,也应预先采取必要的防护措施。

滑坡区附近出露的地层，大致可划分出基岩和第四系松散堆积层两部分（图1）。基岩主要分布于谷坡中上部，由二迭系栖霞组（ P_1 ）和长兴组（ P_2 ）灰岩组成，因岩性坚硬，抗风化力强，地貌上形成悬崖绝壁。灰岩陡壁的另一特征，是岩溶地貌比较发育，溶蚀沟槽、落水洞、水平溶洞等随处可见。栖霞灰岩之下为泥盆系上统水车坪组（ D_3 ）灰岩、泥灰岩、页岩。这套以泥灰岩、页岩为主的地层，抗风化力弱，地貌上形成缓坡，为坡崩积层的堆积创造了良好的场地。



1—第四系；2—白垩系；3、4—三迭系；5—泥盆系；6、7—二迭系；8—志留系；9—地层界线；10—压性断裂带；11—断层方向；12—滑坡位置

图1 滑坡区域地质平面及剖面图

区域性的节理裂隙互相切割，使完整的基岩分割成块体，在后期风化、重力卸荷、溶蚀等外力作用下，使岸坡崩塌强烈，峡谷陡岸后退迅速，同时也为该区坡崩积层滑坡的产生奠定了雄厚的物质基础。

区内属亚热带湿润气候区，气候特点四季分明，夏热冬冷；多年平均降水量1,000—1,200毫米，降雨多集中于5—9月份，其中以5—6月为最，时有暴雨出现。1982年7月，黔江上游枣树坝沟一带，24小时的暴雨量达477.9毫米，致使江河水位陡涨，黔江县城实测洪峰流量达1,400立方米/秒，但黔江多年平均最枯流量仅1立方米/秒，两者对比相差1,400倍，是典型的山区河流特征。观音岩滑坡就是在上述暴雨洪水之后才出现的。

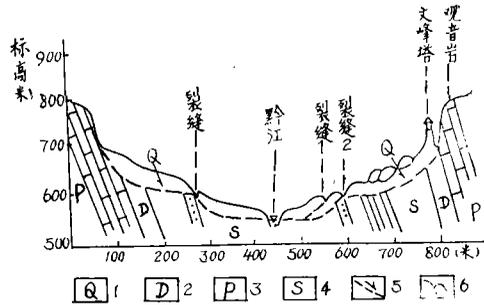
二、观音岩滑坡基本特征及成因

观音岩滑坡展布于峡谷两岸的缓坡地带，按滑体结构特点、规模大小及运动方式的不同，左右两岸滑坡存在着明显的差异。左岸滑体由粘土夹大孤石组成，粘土含量高达25—30%；右岸滑体以块石含量占绝对优势，粘土含量少许。由于块石起骨架支撑作用，它反映在滑坡发生前的自然斜坡坡度上，左岸略低于右岸；它反映在滑坡运动特征上，左岸以缓慢蠕动为主，右岸以崩塌型快速滑动为主。

第四系松散堆积层，主要分布在以黔江盆地为中心的黔江河谷两岸，据钻孔揭示厚达30余米尚未到底。按其成因类型可划分为河流冲积砂砾石、湖积粘土、坡崩积粘土夹孤石及块石。滑坡区附近主要是后者，厚度可达15—25米，孤石直径一般3—5米，最大约20米。峡谷底部可见到灰黑色淤泥质粘土，其间夹有炭化程度较高的松杉柏等树木，直径30—50厘米，最大直径约1米。

滑坡区附近，地质构造上属北东向新华夏系川鄂隆起带的西北边缘，黔江向斜盆地的北西翼，岩层倾向南东，倾角 70° — 75° ，区域性的节理裂隙两组：第一组走向北东 45° ，倾角 30° ，裂隙宽3—5厘米；第二组走向北西 320° ，倾角 70° ，裂隙率1—5%。这两组区

两岸滑坡的剪出口有二：第一剪出口在峡谷水边线附近，它以灰黑色淤泥质粘土为标志层，粘土层中可见到镜面擦痕，其上有地下水呈脉状涌出；第二剪出口在坡体中部海拔600米左右（图2），上下剪出口相对高差约40米。第二剪出口是以坡体上出现的拉张裂缝为标志的。裂缝以上的滑体（上滑体），仅有变形迹象，近期无明显的活动，是相对稳定的部分；裂缝以下的滑体（下滑体），自1982年暴雨洪水之后，活动剧烈，右岸下滑体出现了局部垮塌现象，左岸下滑体已缓慢地向峡谷方向移动，迄今已占据江面宽度的1/3。



1—第四系粘土夹孤石；2—泥盆系灰岩；3—二迭系灰岩；4—志留系页岩；5—推测滑面；6—拉张裂缝。

图2 滑坡综合地质剖面图

无论左右岸上下滑体，其滑面形态均可分出三段：后缘直线形拉裂壁，倾角 60° — 70° ；前部水平滑移段，滑面倾角 5° — 10° ；中部弧形剪切段与前后两段吻接。就总的情况看，前部水平滑移段的长度略大于后缘拉裂壁的长度，因此滑坡启动后所产生的动能，大部分消耗于克服水平剪出段的摩擦力，滑动速度就只能是低速的。

就滑体的规模而论，左岸下滑体长100米，宽350米，平均厚度约20米，滑体约70万立方米；右岸下滑体长120米，宽300米，平均厚度15米，滑体约54万立方米。左右两岸下滑体总量约124万立方米。如若包括近期无明显活动的上滑体在内，左右两岸上下滑体总和可达300万立方米。考虑到应急措施的需要，本次引用方量124万立方米。

观音岩滑坡的出现，是地质历史的重演；就其性质而论，该滑坡是历史上古滑坡的部分复活。它有坡顶坚硬，灰岩陡壁崩塌，两岸较软的页岩缓坡堆积，河床底部淘蚀，滑坡堵塞河道的发育过程；尔后再崩塌，再堆积，再淘蚀，再滑坡堵江的周期性发育规律。

早在地质历史时期的燕山运动，使区内形成规模巨大的北东向褶皱带和一些走向压性断裂带，地表相对高差随之而增大，作为外动力的崩塌、滑坡作用就已开始。自此以后，强烈的喜马拉雅山运动，特别是晚更新世末、全新世之初新构造差异性抬升运动，使区内形成海拔1,800米、1,500米、1,200米、1,000米的四级夷平面和海拔580米、610米、680米、800米的四级河流阶地。在这些夷平面或阶地地面交界的折坡陡坎地带，历来是崩塌、滑坡作用活跃区；即使在近代，这类作用也显得十分剧烈。1856年6月10日，距滑坡区32公里的黔江断裂带与建始、彭水断裂带之间，发生5.5级地震，因地震诱发大路坝滑坡堵江事件，形成著名的小南海保存至今。围绕小南海滑坡海子东北3平方公里的范围内，尚有4个小滑坡海子，其中两个湖水已经枯竭，但滑坡堵江的形迹尚能辨认。

现今的观音岩峡谷段，也是晚更新世末、全新世之初，新构造活动加剧，山体急剧抬升，黔江河迅速下切而成观音岩峡谷。至此以后，外营力追踪早期构造裂隙进行扩张，特别是风化、溶蚀、重力卸荷等分割岩体的作用，使岸坡附近的基岩陡壁逐渐和母体割断联系，向河谷方向移动，形成现今右岸文峰塔后面的“一线天”深槽。“一线天”深达25米，宽约10—15米。相传文峰塔是明清时代以前的古建筑，当地群众叫“镇山塔”（即山要滑动，故建塔镇压，阻止其滑动），塔高15米左右，现在塔身中上部可见到与峡谷平行的走向裂缝，宽3—5厘米，裂口不甚新鲜。这表明，长期以来右岸坡体在向河谷方面缓慢移动。观音岩峡谷段靠近出口，最窄处仅7

米，其间被一大孤石楔型插入，对两岸岩体起支撑作用。当地群众叫“夜合山”，即有滑坡的涵义。

现今观音岩峡谷出现的巨大孤石，底部有黑色淤泥质粘土夹乌木（古代被滑坡淹埋的树木），与黔江盆地中心地带钻孔所揭露的黑色淤泥粘土的层位遥相对应。这是观音岩峡谷段历史上滑坡堵江的佐证。1982年7月28日的暴雨洪水，使河床一次刨蚀深度达13米，两岸坡体失去横向支撑而出现古滑坡部分复活，确切地说，观音岩滑坡的产生是1982年7月暴雨洪水所触发的。

需要指出的是，该滑坡的复活还受到人类活动的影响。据统计，黔江峡谷段上游的流域面积149平方公里。这里历史上森林密布，山青水秀。这次考察，在峡谷底部见到古代所埋藏的松树、桦树、柏树等，直径达1米以上。据当地老年人口述：“本区原始森林的破坏是从抗日战争时期，川湘、川鄂公路修通以后才开始的，公路修到哪里，树就砍到哪里。即使这样，到解放初期还有成片的原始森林和灌木丛。近30年来，三次森林大砍伐，这里就变成了童山秃岭。据县水电局统计，峡谷段以上的流域范围内，森林覆盖率平均在10%以下。滑坡区范围内的斜坡地带，左岸全部开辟为耕地，右岸基岩石山裸露，从坡脚至坡顶，连灌木丛的影子也见不到。由于森林的过度采伐，失去了涵养水源的能力，每当暴雨之后，洪水夹持着大量泥沙块石，在短时间内汇集，产生巨大的冲击力，对河道进行刨蚀加深。本身就脆弱的山体结构，因河道一次性的加深13米而失稳。

除此以外，随着黔江县城市人口的增加，建筑群向河漫滩阶地无限制地扩展，削弱了河道的泄洪能力，使洪水滞留于峡谷以上时间增长，动能增大，对河床的刨蚀能力相应增加。这是峡谷段河床加深的另一不可忽视的因素。

三、滑坡险情及危害

据近三年来的滑坡动态资料表明，观音岩滑坡正处于急剧恶化之中。滑坡后缘弧形拉张裂缝不断扩大加深，滑床处于全面贯通阶段，局部出现垮塌。整个峡谷两侧的堆积物向下滑移的迹象愈来愈明显。1982年7月暴雨洪水之后，右岸滑体后缘的第一道弧形拉张裂缝，长仅22米，宽10厘米，垂直位移量小于0.5米；现今裂缝长已增至40米，宽达1.8米，下坐垂直位移达4米。第二道弧形拉张裂缝1982年洪水之后，长仅19米，宽8—10厘米，垂直位移仅0.3米；现今裂缝已发展到长25米，宽2.1米，垂直位移量增至3米。左岸滑坡后缘的弧形拉张裂缝1982年洪水之后长仅26米，宽仅5.6米；迄今又有所发展，坡脚一大孤石自1982年以来，水平滑动12米，垂直下坐3米。沿河公路因受滑坡牵连两次改道：第一次改道水平移动2米，第二次改道水平移动10米；两次位移的相对高差5米。岸坡公路以下，长达20余米临时工棚被推入江中，滑舌已占据江面宽度的1/3。现今江面宽度最窄处仅5—10米。

据上述变形迹象和变形速率，并结合滑体结构特征判定，左岸滑体粘土含量高，原始坡形稍缓，属缓慢蠕动型；右岸滑体块石含量高，原始坡形较陡，属快速崩滑型。就其滑动顺序上看，左岸先于右岸；从危害程度上比较，右岸大于左岸。目前两岸滑体的重心位置高达60—80米，如遇特大暴雨洪水、地震等最不利的因素迭加组合，左岸滑体将首先堵塞河道，并牵扯右岸滑坡快速滑动，左右两岸100余万立方米的土石滑入仅20余米宽的河床内，势必形成一天然拦水坝，并积水成湖。据初步估算，坝高25—30米，湖水将淹没黔江县城的绝大部分（图3）。如若天然拦

水坝溃决，湖水外泄，黔江县城以下的两岸村寨，也必将遭受洪水灾害。这种推测和估计完全是可能的。早在1856年，距黔江北东方向16公里的小南海地震滑坡堵江的遗迹保存至今。从观音岩附近的地层历史记录，也明显反映出滑坡堵江事实。

现在，观音岩滑坡堵江的趋势愈来愈明显，问题相当严重；特别是两侧下滑体堵江之后，还有可能牵动两侧上滑体在短时间内复活，导致两侧上下滑体一起坠入黔江，总方量达300余万立方米，那时还有可能使黔江县城变成第二个小南海。

观音岩滑坡险情的恶化，引起了有关部门的注意和不安。早在1984年，涪陵地区防洪指挥部经全面考察之后，以“滑坡险情调查报告”的形式向有关部门申报。由于种种原因，滑坡未能得到治理。三年时间过去了，滑坡没有垮下来，部分同志产生了松劲麻痹思想，他（她）们由滑坡出现之初的怕到现在不怕，在那里消极、观望、等待。这种思想是极端危险的，因为近几年该区未出现特大暴雨洪水。1984年汛期的洪峰流量也不过300立方米/秒，只相当于滑坡发生时（1982年）洪峰流量的1/4还不到，滑坡才暂时未滑下来；再说，当前对滑坡发生时间的预报尚不能达到满意的效果，但对滑坡发展趋势的估计，一般来讲都比较接近实际。1983年全国著名的洒勒山滑坡，临滑前，村乡干部已意识到是一场大的灾难，通知村民撤离险区，当村民撤离后，滑坡暂时未滑，已经撤离险区的村民又返回原地居住，结果滑坡掩埋了四个村舍的276人。1985年，长江西陵峡新滩滑坡，临滑前就做了2—3年的撤离、疏散工作，也因滑坡暂时未滑，村民往返搬迁多次而未脱离险区；随着滑坡险情的恶化，政府动用公安民警，采取了强制性的撤离疏散。当滑坡发生时，新滩镇13个机关团体，457户1,371人，无一伤亡。两地滑坡，对比鲜明。

现今，观音岩滑坡险情十分紧急，问题相当严重，已构成对黔江县城机关团体、厂矿企业、学校的最大威胁，特别是雨季汛期，城区正常的工作和生活秩序受到影响。为此，观音岩滑坡的勘测防治，应列入当前山地灾害防治的主要对象，并尽快提出切实可行的措施。

四、观音岩滑坡防治途径

这次由涪陵地区防洪指挥部牵头，黔江县人民政府水电局、中国科学院成都地理研究所参加的联合考察组，经现场考察，多次讨论，一致认为：尽管该滑坡成灾的条件已经具备，但是该滑坡体中含较多的块石，起着骨架支撑作用；一般无特殊外界因素影响，滑坡是可以维持临界状态下的平衡。这是治理好该滑坡的前提条件。

就其治理途径上，应遵循防止暴雨洪水对河床的加深为出发点，在滑坡区及其以上的黔江两岸进行植树造林，使森林覆盖率恢复到20—30%，借以控制区域范围内的水土流失，进而减轻对河床的刨蚀能力。在滑坡区左岸，粘土含量高，土质肥沃，应退耕还林，选用速生乔木树种，尽快防治滑坡区的水土流失；右岸滑坡区，石块含量高，土地贫瘠，应以耐贫瘠的灌木树种为主，严禁放牧。

滑坡区的工程措施经论证取舍，有以下几方面：

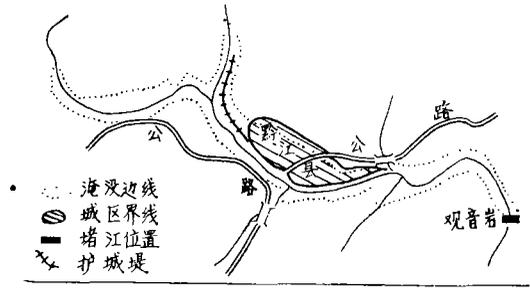


图3 滑坡堵江淹没推测图

1、**黔江县城潜伏的隐患，是堵与输的问题。**如若炸去峡口，增大过水断面，增加泄洪能力，问题就解决了。但这一途径未能从根本上消除滑坡堵江的威胁，因此这一途径不可取。

2、**对两岸滑体中上部，进行削方减载，清除危岩孤石来控制滑坡继续恶化。**这一途径存在的问题是该滑坡属牵引式滑坡，力源来自前方，而不在滑坡中上部；何况现今两岸滑坡后缘的裂缝宽已发展到2—3米，最大垂直位移量已达4米，整个两岸的坡体已濒临大滑动的边缘。若果采取这一途径，已为时太晚，难以奏效，还可能因施工触动，加速滑坡恶化的进程。

3、**在峡谷两岸开凿隧洞泄洪，洞底高程控制在城区防洪警戒水位线以下，问题就不难解决。**这一途径的致命弱点是隧洞造价昂贵，且据1982年黔江洪峰流量达1,400立方米/秒，一般隧洞难以承担；如果采取大隧洞，则考虑到目前经济技术条件，近期难以实施。

4、**抗滑桩途径。**考虑到河床两侧，孤石多，基坑开挖难以成型，即使用大口径钻孔作桩坑，也因钻进塌孔掉块、卡钻埋钻等事故难以实施，还可能因滑坡中上部滚石击毁抗滑桩。

5、**拦河坝途径(本文推荐方案)。**据前所述，该滑坡系洪水一次刨深河床13米，两岸坡体失去横向支撑而滑动。可见，在峡谷最窄处以上、滑体靠下游一侧以下的地段，选择适当的部位，筑拦河坝，利用坝前回淤支撑两岸坡体。为了使工程尽快发挥作用，可在坝上游的峡谷段，采取人工抛石，加速抬高河床，恢复至“82·7”洪水前的河床高度，再现河床堆积物对两坡体的支撑作用；与此同时，辅之以坡顶天沟排水，滑体两侧及滑体内部增设排水支沟，截断地表水渗入滑体体内。

此方案的主要优点，一是针对坡体失稳的原因进行治理，一般可以得到满意的效果；二是方案的施工技术条件不十分复杂，投资相对较小；三是基本上能维持现有观音岩的自然旅游景观。

在实施上述拦沙坝工程的同时，还必须对城区护城堤以下至峡口一段的河道进行疏通，拆除影响过水断面的建筑物，确保洪水畅通无阻。对拦沙坝的高度，必须经水文计算核实，持谨慎态度，采取逐年加高，防止冲淤失调。

除此以外，在上述措施未能实现以前，要继续对两岸滑坡动态进行监测，特别是雨季汛期，滑坡现场要设置通讯联络设备，一旦突然出现加剧变形，坡上滚石活跃，不时听到地声，要及时报警，迅速组织城区撤离疏散，做到有备无患。

(参加滑坡考察的还有四川涪陵地区防洪指挥部谭德益、唐良友同志，黔江县水电局汪润山、陈登榜、彭希锐同志，成都地理所乔建平、王少东同志；文中“滑坡堵江淹没推测图”为唐良友同志绘制。)

(上接第61页) 政府都要设置、充实相应的水保机构，明确职责，加强领导，做到各负其责，各司其事，以保证全面地、持久地把水土保持工作开展下去。

2. **加强法制宣传、教育工作。**《水土保持工作条例》、《森林法》、《环境保护法》，是我们开展水土保持工作的法律依据，必须进一步贯彻执行。现在，不少地方的群众，不懂水土保持是什么，更不懂破坏了水土保持设施是犯法。所以说，法制的宣传、教育工作跟不上，同样会影响水土保持工作的开展。

3. **加强技术培训工作。**实践证明，水土保持是门技术性很强的工作，没有技术就搞不好水土保持。培训一定数量的农民技术员，壮大水土保持队伍，已成为当务之急。

4. **坚持实行多种形式的小流域治理承包责任制，做到宜统则统，宜包则包，不搞一刀切。**要积极扶持有能力的小流域治理专业户，在技术、资金、物资等方面要优先支持。