

# 湘鄂桂山区地质灾害详细调查

宜昌地质矿产研究所 2006 年实施的计划项目“湘鄂桂山区地质灾害详细调查”开展的工作项目 4 项（见表）。

序号	计划项目/工作项目	工作周期	工作单位
	<b>湘鄂桂山区地质灾害详细调查</b>	<b>2006-2010</b>	<b>宜昌地矿所</b>
1	长江上游宜昌—江津段环境工程地质调查	2006-2008	宜昌地矿所
2	湖北恩施市地质灾害详细调查	2006	湖北省总站
3	广西龙胜县地质灾害详细调查	2006	广西区总站
4	鄂西恩施地区滑坡形成机制与危险性评价	2006-2008	地质大学（武汉）

2006 年到目前各工作项目取得的重要进展和成果有：

## 一、长江上游宜昌—江津段环境工程地质调查

在野外调查的基础上，基本查明了测区地质地貌发育的背景，在此基础上，通过结构面的测量、岸坡结构的测量、危岩变形体等崩滑体的调查，掌握了测区优势结构面的发育状况和基本规律，发现和重新认识了测区重要的危岩变形体及孤立危石的分布状况和发育特征。总结了测区高陡岸坡的破坏类型，为评价和预测区内奉节草堂至巴东官渡口段岸坡稳定性现状和发展，提供了坚实的基础。

### 1. 查明了测区优势结构面的分布状况和基本规律

通过对测区瞿塘峡和巫峡高陡岸坡地带 150 段 7794 条节理裂隙等结构面的统计表明，区内优势结构面的分布与构造线平行或直交，平面 X 节理或剖面 X 节理发育，卸荷裂隙往往又进一步追踪构造构造节理发育，这些结构面与层面裂隙或易滑层的组合，在有利的临空条件下，为高陡岸坡的变形失稳创造了条件。

### 2. 调查发现的岸坡结构类型

测区岸坡结构类型丰富、变形失稳模式各异。

#### 1) 坡形多样：

直线坡、折线坡（凸形坡、凹形坡、阶梯形坡）

#### 2) 坡体组成复杂

坡体组成：厚层块状、中层、薄层灰岩与泥岩互层、泥岩与砂岩互层等

岩层倾角：平缓、缓倾、中倾、陡倾、陡立

#### 3) 控制性结构面的发育类型多样

一组乃至多组控制性结构面

表 1-1 三峡库区岩质岸坡岩层倾角划分表

平缓	缓倾	中倾	陡倾	陡立
$\alpha \leq 10$	$10 < \alpha \leq 20$	$20 < \alpha \leq 45$	$45 < \alpha \leq 75$	$75 < \alpha$

表 1-2 三峡库区岸坡类型划分表

顺向坡	斜向坡	横向坡	斜向倾	逆向坡
$0 < \theta \leq 30$	$30 < \theta \leq 60$	$60 < \theta \leq 120$	$120 < \theta \leq 150$	$150 < \theta \leq 180$

注： $\theta$  坡向与岩层倾向的夹角

综合岸坡结构类型划分如下

表 1-3 三峡库区岩质岸坡结构类型划分

		顺向坡			斜向坡	横向坡	逆向坡
		伏倾坡	同倾坡	飘倾坡			
I	平缓层状岸坡	/	/				
II	缓倾层状岸坡	/					
III	陡倾层状岸坡						
IV	中倾层状岸坡						
V	陡倾层状岸坡						
VI	陡立层状岸坡						
VII	“下软上硬”特殊结构岸坡						
VIII	块状结构岸坡						

注：伏倾坡系岩层倾角大于坡角，飘倾坡系岩层倾角小于坡角，同倾坡系岩层倾角等于坡角

### 3. 高陡岸坡的破坏类型

调查发现，测区高陡岸坡破坏类型丰富，多种崩滑变形失稳形式及其复合形式构成了测区岸坡变形的特色。这些崩塌滑坡和变形有不同的成因机制，归纳起来，包括崩塌（移动式、坠落式、倾倒式）、滑坡和变形体（弯曲变形、滑移变形、蠕滑—拉裂和溃屈）等，它们往往在有利的条件下相互组合和转换。

### 4. 主要危岩体的发现

经调查发现和重新认识的重要危岩变形体 7 处，见表 1-4

表 1-4 调查发现的重要危岩变形体

序号	位置	构造部位	危岩体名称	等级	影响对象
I	瞿塘峡	七道门背斜核部	吊嘴危岩体		航道
II		七道门背斜南东翼	风箱峡危岩体		航道
III	巫 峡	横石溪背斜北西翼	横石溪危岩体		码头
IV		横石溪背斜核部	望霞危岩体		居民
V		横石溪背斜核部	手爬岩危岩体		居民
VI		神女峰背斜核部	箭穿洞危岩体		航道
VII		楠木园背斜北翼	上坪沱滑坡及其前缘 猴子包危岩体		居民、航道

对几个重点和典型危岩体的成因机理、危害性的初步认识如下：

### I 瞿塘峡吊嘴危岩体

瞿塘峡吊嘴危岩体位于七道门背斜北西翼，均由三叠系嘉陵江组坚硬灰岩、白云岩构成，岩层缓倾西北，该河段长江自西向东斜切七道门北西翼，形成悬崖绝壁对峙地貌，吊嘴危岩体位于南岸，岩体受底部缓倾角软弱夹层及走向近东西陡倾南的系列长大裂隙控制形成易倾倒或坐落危岩体，该地段风景已经印刷在第三套人民币拾圆钞上，其失稳将是文物破坏和长江航道受阻经济受损的双重损失，因此其失稳条件、模式、规模、监测与预防方法的研究判别将是一个重点。



### II 风箱峡危岩体

风箱峡危岩体位于七道门背斜核部偏南东翼，亦位于紧闭的七道构向斜北西翼，危岩体由三叠系嘉陵江组坚硬灰岩、白云岩构成，岩层缓倾南东，该河段长江自北西向南东横切七道门背斜和风箱峡向斜，两岸形成悬崖绝壁对峙地貌，风箱峡危岩体位于北岸，受底部缓倾角软弱夹层及东侧三沟子冲沟临空面控制，危

岩体发育大量走向北东的陡倾角长大裂隙，从而形成易倾倒危岩体，其失稳将使长江航道受阻，其发育过程受平缓软弱夹层及二向临空面控制的特征值得进一步研究。

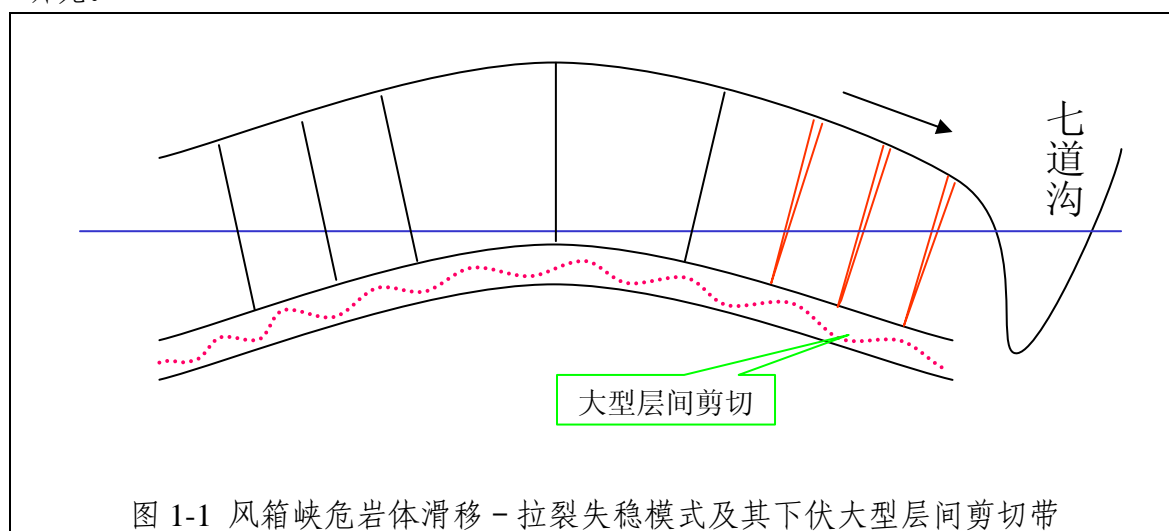


图 1-1 风箱峡危岩体滑移 - 拉裂失稳模式及其下伏大型层间剪切带

### III 巫峡横石溪危岩体

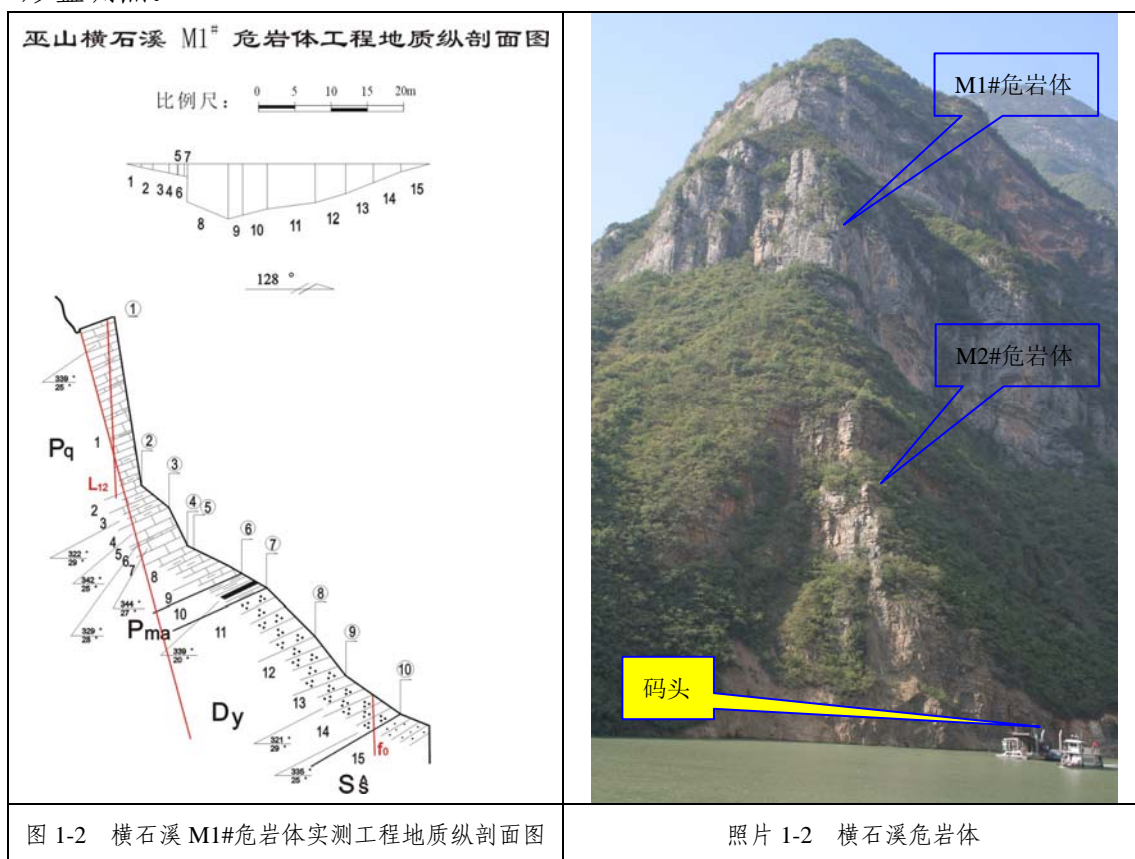
位于巫峡北岸横石溪口右岸，构造上位于横石溪背斜北西翼，由上部的M1#危岩体和下部的M2#危岩体构成。

M1#危岩体由二叠系栖霞组二段坚硬灰岩构成，下伏软岩夹层栖霞组泥质瘤状灰岩、泥灰岩互层。危岩体位于长江和横石溪切割形成的脊状山脊中部，三面临空，后缘发育剪张性节理性断裂，内部贯通性长大节理发育，使危岩体切割、破碎。由于历史采煤的影响，栖霞组下伏的二叠系底部梁山组煤系地层变形加剧，使危岩体形成向外倾倒张开裂隙。野外调查发现，受危岩体变形的影响，危岩体的趾部已经形成深 16m 左右的塌落坑。

M2#危岩体由志留系纱帽组砂岩、灰岩互层与下部软弱粉砂质泥岩构成，近区岩层总体倾向北西，倾角  $25 \sim 35^\circ$ ，岩体破碎，呈碎裂结构，危岩体的受简易公路切坡的影响，其右侧在公路切坡过程中已经崩落，形成三角形的临空面，同时向东及横石溪方向临空。危岩体后部，发育斜交（或接近平行）于横石溪方向的剪张性裂隙性断裂，受下伏碎裂结构岩体及剪张性节理的控制，该危岩体目前处于蠕滑变形阶段。

该危岩体发育模式比较典型，进一步发育失稳可能性很大，对附近煤矿码头及货运船只威胁较大，需要对其成因机理作进一步研究并对其稳定性做出评价，对其不良后果的应研究合理的处置方案。目前项目组已经将其纳入 2007 年度变

形监测点。



#### IV 箭穿洞危岩体

位于巫峡长江左岸，神女峰背斜核部。危岩体三叠系灰岩构成，近区岩层总体倾向南东，倾角  $5 \sim 10^\circ$ ，产状平缓。危岩体高约 124m，体积约 6 万立方米。南西侧向长江方向的临空面走向  $166^\circ$ ，直立；西侧发育冲沟，临空面走向  $283^\circ$ ，近直立；后缘裂隙走向  $292^\circ$ ，倾角  $85^\circ$ ；东侧边界发育倾向 NWW 的节理性断层，走向  $205^\circ$ ，上部倾角  $77^\circ$ ，向下呈下凹的弧形。危岩体基座部分宽大的纵向裂隙极为发育（张开度 10-40cm），部分裂隙发育溶蚀现象，致使下部形成空洞充填硬塑粘土，危岩体具备了下挫的空间。初步的揭露表面，在基座部分的节理裂隙中充填的硬塑粘土上擦痕发育，显示危岩体顺该裂隙带发生了一定程度的位移。初步研究认为，该危岩体发育机理是：在神女峰背斜核部纵张和横张节理发育的背景上，基座坚硬岩体在外侧产生临空面后，卸荷裂隙进一步发育，上部岩体继续沿近东西走向的陡倾角贯通性裂隙蠕动滑移，致使裂隙规模在多种营力作用下不断扩大。目前，该危岩体侧沿、后缘长大裂隙基本贯通，向临空条件好，基座张开度较大，有进一步滑移变形的可能性，对过往船只的航行构成威胁，需要对其成因机理和失稳模式作进一步研究，并对其稳定性做出评价。





照片 1-3 箭穿洞危岩体



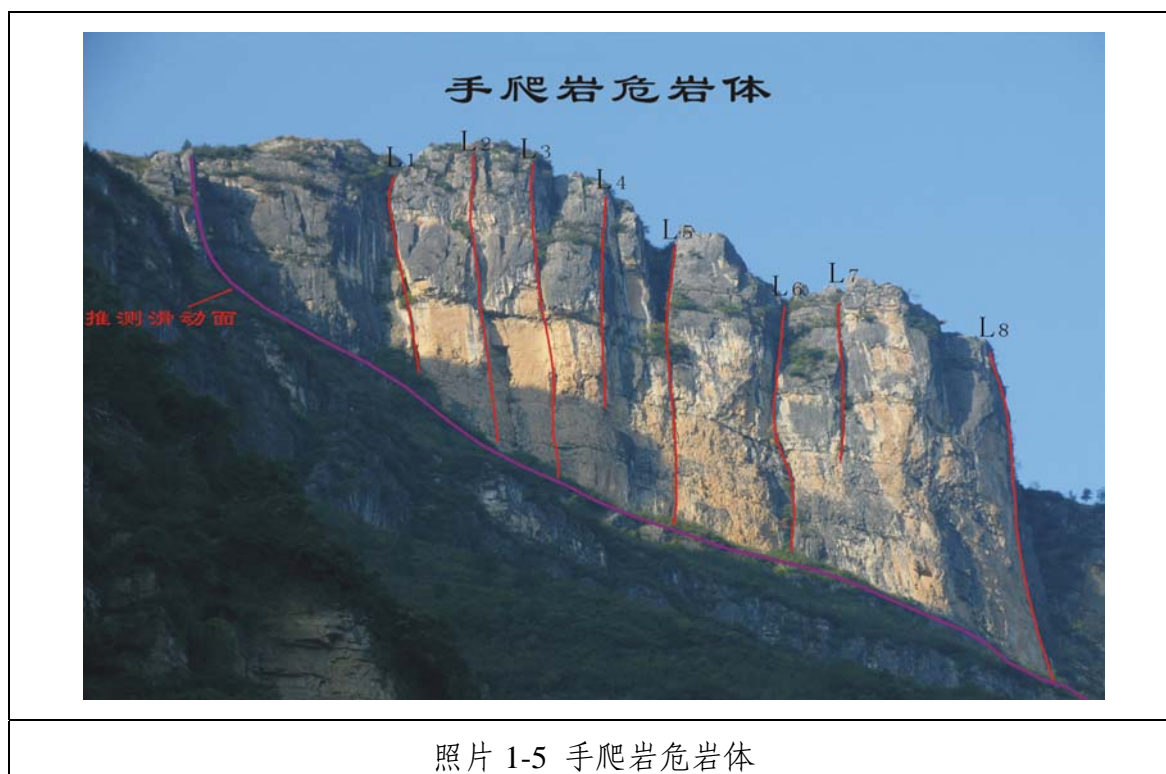
照片 1-4 箭穿洞危岩体揭露显示的变形擦痕

## V 上坪沱滑坡及其前缘的猴子包危岩体

上坪沱滑坡及其前缘的猴子包危岩体位于巴东县城西 3km 的链子溪右岸，构造上位于楠木园背斜北翼，又二叠系吴家坪组燧石条带灰岩构成，下伏二叠系龙潭组煤系地层及孤峰组硅质岩、泥岩等软弱岩层控制。发育平行长江的纵张裂隙，可能形成滑移失稳，历史上的采煤使其底部进一步变形加剧，三峡水库蓄水后，变形开始活跃。由于猴子包危岩体后缘裂隙基本贯通，下伏二叠系煤系地层及历史煤窑已经淹没，进一步变形失稳的可能性进一步加大。上坪沱滑坡及其前缘的猴子包危岩体对当地居民和航道构成较大的威胁。

## VI 手爬岩危岩体

手爬岩危岩体位于巫峡南岸跳石村手爬岩，构造上位于横石溪背斜北西翼，由二叠系栖霞组生物灰岩、燧石灰岩构成，两面临空，下部受陡倾向北西（即倾向长江）的碎屑质软弱夹层控制，发育数条纵向贯通性裂隙，裂隙走向北西至近东西，其发育失稳模式可能类同链子崖危岩体，由于该危岩体规模大，又高于江面达 600m，其失稳后过不堪设想，其稳定性研究是一个重点。



照片 1-5 手爬岩危岩体

## VII 望霞危岩体

位于巫峡北岸，构造上位于横石溪背斜核部，由二叠系石炭系灰岩夹页岩、泥盆系志留系砂岩夹页岩构成。近区岩层平缓，软硬相间，是比较经典的压至拉裂型和蠕滑－拉裂型危岩体孕育区，受历史上长期采煤的影响，危岩体基座发生不均匀沉陷，外侧岩体发育大量纵向贯通性裂隙，致使掉块、滚石、小崩塌时有发生，已有部分居民按国家规划进行了生态移民搬迁。由于该危岩体发育范围广，对附近岸坡上的居民威胁始终存在，而且，其发育高度高于长江达 600～800m，一旦发生大规模崩塌势必对航线和两岸居民造成严重损失。该危岩体稳定性研究及至灾风险的研究是项目的一个重点。

### 5. 调查发现的重要岸坡变形区

调查发现重要岸坡变形区还有青石与培石之间黄岩窝危岩体分布区、巫峡上段独龙一带的岩质岸坡库岸再造段。青石与培石之间为顺向结构岸坡，不利的结构面组合，使其发育倾倒式崩塌的重要岸坡形变区。

表 1-5 重要的岸坡变形区

序号	位置	变形失稳形式	岸坡结构	备注
1	巫峡上段独龙一带	蠕滑拉裂	斜向－逆向坡	库岸再造
2	神女峰一带青石与培石之间	倾倒崩塌	平缓倾外顺向坡	威胁航道

## 6. 孤立危岩体的分布

在测区高陡岸坡段，两岸斜坡上，还分布了为数众多的孤立危石，虽然其体积不大，但是，此类孤立危石造成的危害不容小觑。项目组对此进行了专门的圈定。

这些危岩变形体的分布，对航道安全、本地居民或部分码头的安全构成了不同程度的威胁。

## 二、湖北恩施市地质灾害详细调查

通过对全市地质灾害调查，基本查明了地质灾害分布及发育特征，基本掌握区内岩土特征及地貌环境特征。通过调查，对强岩溶发育区地质灾害特征有了进一步认识。该阶段同时对区内的重要交通线路（318 国道、在建的沪蓉西高速公路、宜万铁路）进行了线路调查，基本无重大隐患，仅局部巴东组粉砂质泥岩等软岩出露区，因切坡爆破引发滑坡，目前多已采取工程治理手段进行了处理，危害性不大。总体上讲，目前在建的沪蓉西高速公路、宜万铁路边坡处理严格按照国家标准进行削坡治理，采取分级削坡，破面素喷、锚固、格构支护或桩基挡护等科学手段，形成重大隐患的概率较小。主要成果认识如下：

1. 查明地质灾害形成的工程环境地质条件，地质灾害发育、分布规律等。更新了地质灾害数据，评估其复活性和危险性。协助当地政府完善了地质灾害群测群防网络。

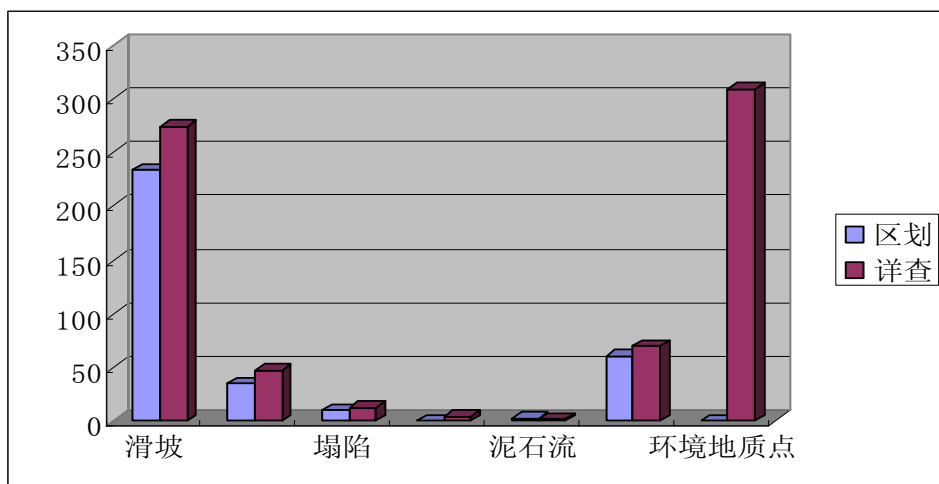


图 2-1 详查和区划工作对照图

本项目在原 1:100000 县市地质灾害调查基础上进一步核实调查，采用 GPS 定位控制边界和剖面测量，极大精确了资料的准确性及真实可靠度。本次工作严格遵循调查规则，调查点 251 个，核查点 159 个；原区划老点 261 个，新点 149



个。数字上差别主要由于原调查的灾害点因各种原因的灭失（包括灾害已治理、现场调查无灾害、原不稳定斜坡已稳定、灾害点相邻合并等因素）。总体上，本次详细调查在原有灾害数上增加了 72 个，实际新增含不稳定斜坡在内的地质灾害点 149 个。

2. 通过详细调查，对恩施市地质灾害分布规律、形成的环境地质条件及其形成机理等取得了新的认识。

表 2-1 恩施市各乡镇地质灾害发育统计表（单位：处）

乡镇	土质 滑坡	岩质 滑坡	崩塌	地面 沉降	地面 塌陷	泥石流	不稳定 斜坡	合计
舞阳坝 街道办	9	6	4				8	27
六角亭 街道办	2	2	2				12	18
小渡船 街道办	2		3				1	6
新塘	36	1	5		1		7	50
三岔	23	1			1			25
沙地	16	5	2				3	26
红土溪	19	1	6	4	1		3	34
崔坝	7	3	2		4		8	24
龙凤	13	1	1			1	1	17
白杨坪	16	3	10		2		3	34
太阳河	14	1	3				7	25
板桥	9	1	4					14
屯堡	32	4	3		4		14	57
白果坝	1	2					2	5
芭蕉	18	7	1			1		27
盛家坝	14	5	1				1	21
合计	231	43	47	4	13	2	70	410

#### A、地质灾害地域分布规律

恩施市地质灾害发育，分布于全市 13 个乡镇及市城区，其中屯堡、新塘、城区地质灾害发育最重，共 158 处，占全市地灾总数的 38.5%，其次为白杨坪、红土、芭蕉、沙地、舞阳街道办，白果乡相对不发育。

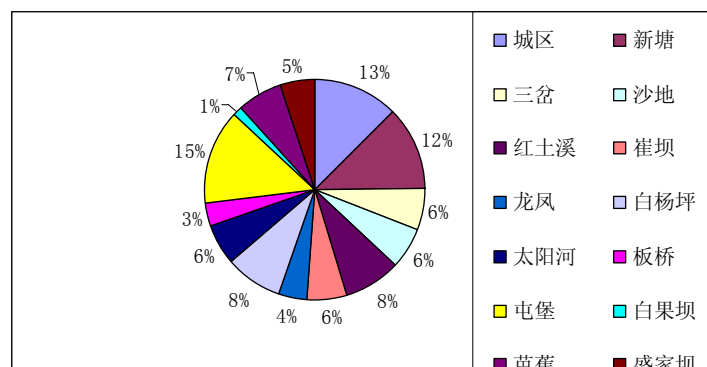


图 2-2 恩施市地质灾害分布对比图

### B、地质灾害类型发育特征

恩施市地质灾害以滑坡为主，占全市各类地质灾害总数的 66.8%，其次为崩塌，占 11.5%，地面沉降、地面塌陷、泥石流等相对不发育，13 处地面塌陷皆为岩溶塌陷。

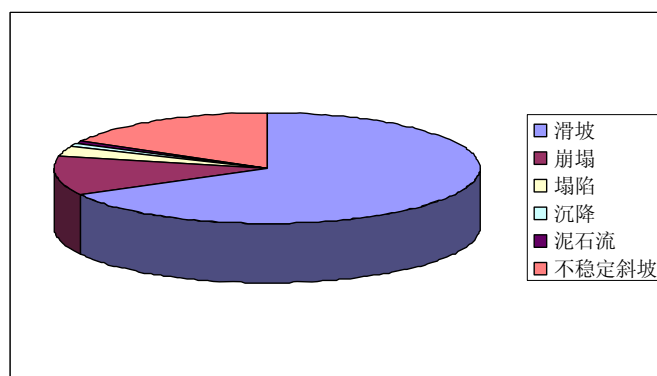


图 2-3 恩施市地质灾害类型发育程度对比图

### C、受地形地貌控制

**地貌单元：** 境内不同地貌单元，地质灾害发育程度是不一样的。第一级和第二级剥夷面，高程在 1200m 以上，山顶宽缓开阔，植被发育，地质灾害点较少。境内大部为岩溶地区，不同点岩溶地貌区地质灾害发育强度不同，溶丘槽谷地貌区由于山顶浑圆，溶蚀作用强烈，第四系多分布于槽谷谷底，加之山体斜坡坡度缓，地质灾害不发育。峰丛槽谷地区由于沟谷切割强烈，斜坡坡度相对陡，坡上第四系相对发育，滑坡、崩塌地质灾害也随之发育。

**微地貌：** 境内除塌陷、沉降外地质灾害受坡度影响极大，大于 30° 的陡坡

地质灾害发育，共计 301 处，占灾害数的 90%。其中大于 60 度的 50 处陡崖易产生崩塌地质灾害，崩塌点 47 处，另外 3 处为切坡建房修路引发陡坍滑，占受地形影响地质灾害总数的 12.7% 71.4%；坡度在 25—60 度的陡坡易产生滑坡地质灾害。25° 下缓坡地质灾害发育程度相对低，共 92 处，其中 20° 以上 49 处，占地质灾害总数的 23.4%。

表 2-2 恩施市地质灾害发育坡度统计表（单位：处）

坡度	10 – 25°	26 – 30°	31 – 60°	61 – 90°
数量	92	96	155	50

#### D、受地层岩性控制

由于岩性坚硬程度、力学强度、抗风化能力不同，地质灾害的发育程度和主要地质灾害类型也不同，明显的反映出如下规律：地质灾害发育程度是松散土体类多于半坚硬的碎屑岩类和坚硬的碳酸盐岩类，而半坚硬碎屑岩类区面密度高于坚硬的碳酸盐岩类区。

表 2-3 恩施市地质灾害工程岩类统计表（单位：处）

地质灾害类型	碳酸盐岩类	碎屑岩类	松散土体类
土质滑坡			231
岩质滑坡	16	27	
崩塌	33	14	
泥石流		2	
地面塌陷	13		
地面沉降	4		
不稳定斜坡			70

#### E、受降雨量控制

恩施市地质灾害主要是滑坡，其次为崩塌，其中绝大多数由降雨诱发形成。根据有具体时间的 306 处地质灾害发育时间统计，恩施市地质灾害集中发生于 7 月，共 184 处；其次为 6 月，共 57 处；8 月 14 处。6、7、8 三个月灾害发生量

(255) 占有时间记录的地质灾害数的 70.8%，其中 7 月占 60.3%。这与市内降雨出现的时间及降雨量最多的月份极为吻合。

表 2-4 恩施市地质灾害季节对应表

月份	沉积岩区域发生灾害数	碳酸盐岩区域发生灾害数	合计
一月	1	0	1
二月	0	0	0
三月	3	2	5
四月	4	9	13
五月	6	6	12
六月	34	23	57
七月	87	97	184
八月	12	2	14
九月	6	3	9
十月	4	2	6
十一月	2	0	2
十二月	2	1	3

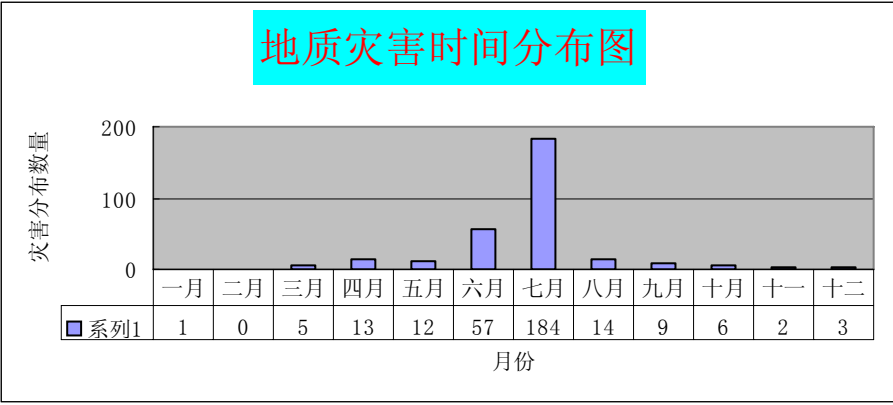


图 2-4 恩施市地质灾害发生时间统计图

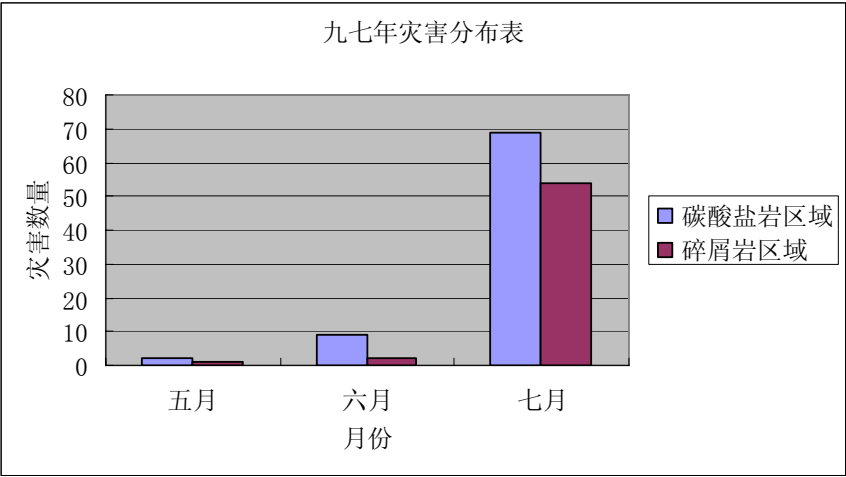


图 2-5 恩施市地质灾害 97 年发生时间统计图

恩施市 1997 年是该市地质灾害高发育年，共产生滑坡、崩塌共 128 处，占已发生灾害数的 37.6 % (不含潜在不稳定斜坡)。而该年又集中发生于 7 月份(连续 11 天左右的雨天，降雨总量 435.4mm，尤其 13、14、15、16 后 4 天的累计降雨量达 349.5mm，最大日降雨量达 141.5mm)，共产生 114 处各类地质灾害，占全年新增灾害数的 89 %。其中 13 - 16 日 4 天内产生 42 处地质灾害。

F、受人类经济活动影响

地质灾害受人类经济工程活动影响明显，市内很多崩塌、滑坡是由人工切坡引发，沉降皆为煤矿采空造成。改革开放以来市内经济工程活动增加，兴建公路和建房切坡现象愈演愈烈，灾害发生的风险性也随之逐年增大。境内很多乡村存在有采煤和采石炼磺历史，已被采空的地段地表发育有地裂缝，严重地段并出现了山体开裂或崩塌，给人民群众及生命财产安全带来危害，红土、白杨坪乡辖区这类地质灾害发育较多。据统计，全市地质灾害受人类经济活动影响的共 340 处，占地质灾害总数的 83 %。

表 2-5 恩施市地质灾害影响因素统计表

灾害类型	沉积岩区域		碎屑岩区域	
	人为因素	自然因素	人为因素	自然因素
土质滑坡	125		104	2
岩质滑坡	16		25	2
崩塌	17	16	5	9
地面沉降	4			
岩溶塌陷		13		
不稳定斜坡斜坡	24	11	18	17
泥石流			2	
合计	186	40	154	30

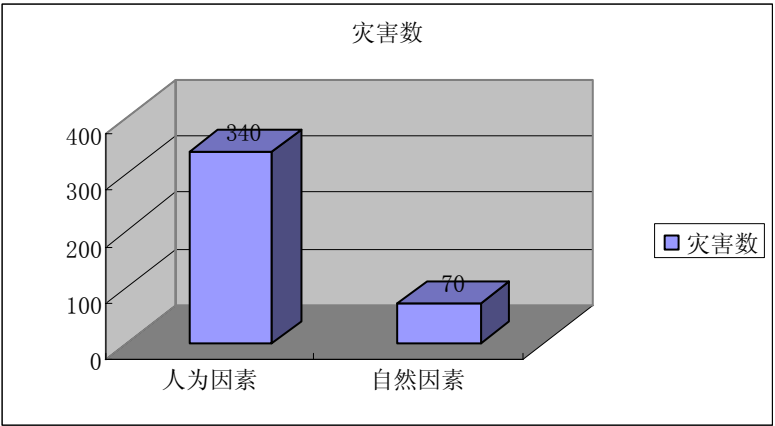


图 2-6 恩施市地质灾害影响因素对比图



### 三、广西龙胜县地质灾害详细调查

野外工作刚结束,室内工作正在进行,目前对野外资料进行了初步整理和分析,通过分析,认为项目工作有以下初步成果:

#### 1. 建立了适合南方山区的遥感解译标志

龙胜县山坡高陡,植被覆盖率高,滑坡崩塌规模小,形态不明显,开始时遥感解译效果较差,解译准确率低,经过反复多次野外验证和室内分析,建立了较准确的解译标志,解译准确率明显提高,特别是对规模较大的滑坡崩塌效果较好,为地质灾害核查工作提供了依据,并对今后采用遥感方法进行地质灾害监测和调查打下了基础。

#### 2. 地质灾害调查精度明显提高,工作效果明显

本次工作共调查、核查地质灾害点 396 处,较以前的区划调查工作调查的 162 处地质灾害点多出 234 处,增加了 143%。调查的地质灾害点除位于人为活动较强区外,很多位于人类活动很少的地区,其分布更接近龙胜实际,为今后分析龙胜地质灾害分布特点打下了良好的基础。

对所有调查和核查点进行了实测,特别是规模较大,危害严重的 5 处地质灾害点和重要地区采用了全站仪进行精度达 1:1000 的平面测量和 1:500 的剖面测量,为今后进行数字分析打下了基础。通过实测,调查精度明显提高,并对区划调查点记录资料进行了修正。

#### 3. 调整和完善了群测群防网络系统

在本次调查成果基础上,对区划建立的龙胜县群测群防网络进行了调整和完善。

对区划布设的 20 处监测点进行了调整,去除了已大部搬迁的 3 个监测点,增加了对 15 处危险性大的地质灾害点监测,并对已老化和被破坏的监测设施进行了修复。

考虑到龙胜县地质灾害气象预警区划工作即将完成,围绕气象预警区划的进行,对龙胜县群测群防网络中地质灾害预警预报方法和相关避让措施进行了修改规划。由于网络管理系统人员工作变动较大,由县政府下文,从新明确了各管理系统人员和职责。

#### 4. 对本地区地质灾害分布发育特点有进一步认识

①查明地质类型,龙胜地质灾害以土质滑坡和崩塌为主,土质滑坡和崩塌体以梯田区人工填土为主,少量坡残积土。岩质滑坡和崩塌体基本为强风化岩石。泥石流只一处,塌陷都分布于三门地下采空区,为采空地面塌陷。

②查明了地质灾害分布情况,并结合区域工程地质特点,进行了地质灾害分布与地貌形态,坡度,岩土体工程地质岩组类型,构造发育程度,人类活动强度,降雨量相关分析。

根据分析发现土质滑坡和崩塌分布和规模主要受沟谷密度和规模控制。岩质滑坡和规模主要受构造和坡体结构影响,调查中进行了大量滑坡崩塌裂隙和层面产状测量。

③对典型地质灾害点进行了勘查,绘制了典型地质灾害剖面,获取了大量岩土体和滑动面力学参数,为定量分析提供了基础。

由于前人没有进行过研究,特别是调查时对梯田区滑坡和崩塌进行了专门研究,通过多种手段勘查,查明了梯田结构,岩土体力学参数,影响因素,并观测到梯田滑坡变形过程中裂缝变化和降雨关系。

#### **5. 对重要地质灾害点进行了勘查,为其防治提供了依据**

在调查成果基础上,选取了4处危害严重的地质灾害点进行了勘查,查明了岩土体结构和工程地质性质,3处滑坡发现明显滑动面,并才取了土样,为这些地质灾害点定量分析和防治提供了基础。

#### **6. 围绕气象预警区划,采用专门调查方法,取得较好效果**

由于调查过程中,收集的灾害发生时间不够准确,根据龙胜实际,划分龙脊,县城等地多个观测区,在下雨前和下雨后进行多次观测,调查到35处地质灾害发生准确时间,为气象预警区划提供了较准确资料。

### **四、鄂西恩施地区滑坡形成机制与危险性评价**

采用工程地质调绘与综合物探方法,对恩施地区保扎滑坡、杨家山滑坡、双龙洞滑坡、白家堡滑坡、瞿家湾滑坡、马堡营滑坡、飞来峰滑坡与小溪口滑坡的工程地质条件进行了调查,初步查明各个滑坡的边界条件、空间分布特征和影响因素,初步建立3个滑坡的地质模型与数值模型,为鄂西恩施地区滑坡形成机制与危险性评价整体研究奠定了优良的基础。

通过研究取得的主要研究成果为：

- (1) 鄂西恩施地区滑坡形成机制与危险性评价年度报告；
- (2) 1: 50 万恩施地区地质图(1 张)；
- (3) 1:10 万滑坡区域工程地质平面图(5 张)；
- (4) 1:1 万滑坡区工程地质平面图(6 张)；
- (5) 地震勘探解译成果。

对各滑坡的认识为：

### 1. 保扎滑坡

保扎滑坡位于恩施市龙凤镇，滑坡呈长条形，主滑方向NE85°，后缘高程为910m，前缘高程为640m，相对高差达270m，纵向长度为1450-1950m，前缘宽度1000-1500m，平均厚度约45m，经测算，该滑坡平面面积约 $240 \times 104\text{m}^2$ ，体积约 $10800 \times 104\text{m}^3$ 。滑坡整体形态上呈圈椅状，南侧边界为一高差约为50m的陡壁，滑坡后缘形成于1960年的滑坡，由于在山梁两侧分别滑动，故而滑坡后壁不明显；1960年滑坡北侧边界为青岗树沟，另外在其南侧冲沟为古滑坡边界(图1)；滑坡前缘为涂家河的支流——老沟河。该滑坡主滑带产状为 $115^\circ \angle 10^\circ$ 。



图 4-1 保扎滑坡全貌

滑坡体由碎裂岩组成，岩性为志留系粉砂岩夹页岩，块径20~60cm，大者达2m，呈棱角状，块石间由粉质粘土充填，土石比3:1，结构疏松。局部可见体

积较大的滚石，为泥盆系的石英砂岩，直径约 1-2m。近年来由于位于滑体中部的龙凤—龙马公路开挖及前缘水流冲蚀有局部小规模坍塌。

滑床基岩为志留系中厚至薄层砂岩与粉砂岩和页岩互层，产状为  $115^{\circ} \angle 10^{\circ}$ ，整体上呈单斜构造，坡体结构为顺向坡。

保扎滑坡为一古滑坡，早在 1960 年 7 月开始复活，1980 年、1998 年曾发生蠕动变形，目前仍继续在产生局部变形。其中 1960 年滑坡的规模最大，滑体各部位滑距不同，前部大于后部，前部滑距大者约达 1 公里，滑体中后部形成三个洼地，滑体前缘先产生滑动，然后向中后部发展，为牵引式滑坡。1980 年在滑体中部的龙马公路 13.5 km 处发生了局部滑坡，1998 年滑坡前缘被水流淘蚀作用下导致面积约 70 亩的农田被毁。

该滑坡已致使 470 间房屋破坏、毁坏农田 1300 亩，2000 年 6 月公路崩滑，压死民工 1 人，目前仍有居民 1000 人受威胁，经济损失预评估 500 万元。据现场调查，由于恩施至龙马公路扩建，稳定性差。影响保扎滑坡稳定性的主要因素为大气降雨时冲沟洪水冲刷前缘坡脚和雨水入渗降低岩土体强度及水压力作用。

## 2. 杨家山滑坡

杨家山滑坡位于恩施市屯堡乡杨家山村，岩质滑坡，滑坡面积  $99 \times 104 \text{m}^2$ ，体积  $3200 \times 104 \text{m}^3$ 。其基本特征为：滑坡体平面呈长条形，剖面呈折线状，主滑方向为  $\text{SW}212^{\circ}$ ，后缘高程为 980m，前缘高程为 610m，相对高差达 370m，地表平均坡度为  $12^{\circ}$ ，纵向斜长 1250m，前缘宽度约 700m，平均厚度 40m。主滑带产状为  $\text{SW}215^{\circ} \angle 12^{\circ}$ 。滑坡整体形态为圈椅状构造，其西侧边界为清江的支流，见图 2。



图 4-2 杨家山滑坡前缘

滑体为志留系的粉砂岩、页岩，块径为 3 ~ 15cm。滑床为志留系下统粉砂岩、

页岩，产状 SW210° ∠14° 。

影响滑坡稳定性的主要因素为大气降雨入渗，降低岩土体强度和水压力作用，以及冲沟洪水冲刷前缘坡脚。

杨家山滑坡为一古滑坡，于 1980 年 8 月 5 日凌晨 2 时开始复活，首先由滑体前缘发生滑移破坏，然后逐步向中、后部发展，属牵引式滑坡。当时滑坡后缘发生裂缝大规模滑移，1997 年 7 月 16 日又发生局部滑移，目前仍处蠕动变形阶段。滑坡体正处于变形蠕动阶段稳定性差。滑坡已致毁坏农田 950 亩，160 间民房，造成 200 人无家可归，目前威胁杨家山村居民 900 人，威胁财产 120 万元。

### 3. 小溪口滑坡

小溪口滑坡位于马水河右岸，为一典型顺层岩质滑坡。滑坡纵向长度为 220m，横向长度为 920m，后缘高程为 625m，前缘高程 485m，平均厚度 25m，滑坡面积约 17.6 万 m<sup>2</sup>，滑坡体积约 440 万 m<sup>3</sup>。滑坡体主要由灰岩、页岩巨块石夹碎块、粘土组成，滑床主要为三叠系大冶组第二段中厚层灰岩夹页岩，见图 3。小溪口水电站建成将极大地改变了小溪口滑坡的水文地质条件，极大地恶化了滑坡的稳定性，可能导致滑坡的发生。



图 4-3 小溪口滑坡全貌

### 4. 双龙洞滑坡

双龙洞滑坡位于宣恩县贡水河南岸，上、下游方向长约 450m，滑动方向宽 350m，前缘接贡水河 540~550m 高程，后缘高程约 750m。滑坡体体积  $18 \times 10^4 \text{m}^3$ 。



双龙洞滑坡在地形上为较平缓的坡面，坡角普遍小于  $28^{\circ}$ ，侧缘以山脊与基岩分隔；后缘呈不规则的圈椅状，见图 4。

双龙洞滑坡体地形坡度总体较缓，坡度一般小于  $28^{\circ}$ ，大部分坡面被居民开垦成梯田，一般坎高 2~5m，大部分已为居民开垦利用，种植了大量经济作物，另一部分被利用建造房屋和旱地，成为居民点。堆积体的下部（前缘）与贡水河相接，为一典型涉水型滑坡。



图 4-4 双龙洞滑坡全貌

双龙洞滑坡的变形分为 2 个比较明显的阶段。1994 年，滑坡前缘涉水部分发生较大变形，局部滑坡体整体向下滑移约 1-5 米，对公路和房屋产生了较大危害；1997 年，滑坡整体发生较大变形，对公路和农田产生了很大的影响，可以清晰看到较为明显的滑坡后壁和很多拉裂变形迹象。

双龙洞滑坡堆积体形成于龙洞水库蓄水以后，根据走访以及实地调绘，蓄水后滑坡体变形加剧，发现多处较为明显的拉裂变形迹象。河流切割边坡形成了良好的临空条件；岩层向河谷倾斜，且该区地层为三叠系巴东组薄-中厚层泥质粉砂岩与页岩互层，节理裂隙发育良好，滑坡堆积体上第四系覆盖层较浅，岩石相

对比较破碎，具备较好的赋水条件。

滑体与基岩的接触面是可能的滑面，在剖面上有较好的顺层性；从现在河谷的走向和地形地貌发现早期滑坡段的河谷走向与岸坡岩层走向完全一致，河流切割坡脚形成了良好的临空条件，T2b2 的薄层泥质粉砂岩与页岩互层，具有良好的滑面条件；而滑动方向基本与层面倾向方向一致。

滑坡堆积形成后，河流侵蚀切割的发展过程仍在进行且有加剧的趋势和迹象；而堆积体的赋水特性决定了降雨在滑坡形成过程中是一个不可忽视的因素。龙洞水库在蓄水前后水位的反复波动对滑坡的稳定性会产生重要的影响。在地表水以及贡水河库水的作用（侵蚀、冲刷、潜蚀）与滑坡堆积体自身重力作用下，滑坡体已经出现大范围的房屋以及公路开裂现象，开展双龙洞滑坡稳定性研究具有重要的理论意义和实际意义。

## 5. 马堡营滑坡

马堡营滑坡位于下坝址上游左岸，上、下游方向长约 500m，滑动方向宽 300m，前缘接郁江岸坡 550~560m 高程，后缘高程约 750m。滑坡体体积  $500 \times 104 \text{m}^3$ 。马堡营滑坡在地形上前缘为陡立的坡面，坡角大于  $50^\circ$ ，侧缘以冲沟和断崖与基岩分隔；后缘呈不规则的圈椅状；堆积区冲沟比较发育，见图 5。

马堡营滑坡体自上而下从地形坡度上可分三个带：上部为台阶状斜坡地，坡度较缓，一般小于  $30^\circ$ ，大部分坡面被居民开垦成梯田，一般坎高 3~4m，坡面与后侧基岩在地形上有较大反差。中部是相对平缓的台地，坡度一般为  $15^\circ$ ，坡面小型陡坎较发育，一般坎高 2~3m。此带已为居民开垦利用，一部分成为工程区内较为稀少的水田，另一部分被利用建造房屋和旱地，成为居民点。堆积体的下部（前缘）为陡壁，局部为反坡。

马堡营滑坡堆积体推测形成于晚更新世之前，时值郁江河道位于现在河谷左侧，谷底高程 560~600m，河流自北东流向南西，河流切割边坡形成了良好的临空条件；岩层向河谷倾斜，且该区地层为二叠系茅口组薄层碳质灰岩与板状燧石层互层，夹炭质页岩，软弱夹层发育，具备了良好的滑移面；根据夹层的性质采用工程类比较软化泥化后的炭质页岩抗剪强度低，（ $f' = 0.3$ ， $c' = 20 \text{Kpa}$ ），以其中 NE 向裂隙作切割面。模拟滑坡发生前边坡状况，在郁江切割坡脚形成临空的情况下边坡的稳定系数小于 1，说明原始边坡具备沿基岩中软弱夹层滑移的条

件。

堆积体与基岩的接触面是岩层的层面，在剖面上有较好的顺层性；从现在河谷的走向和地形地貌发现早期滑坡段的河谷走向与岸坡岩层走向完全一致，河流切割坡脚形成了良好的临空条件，P1m3的薄层炭质页岩、炭质灰岩又具有良好的滑面条件；在横切坡面的北西和北东向断裂切割下，原始边坡已具备顺层滑动的基本条件。勘探中发现自上而下（游），滑坡堆积体的滑坡面不在同一层面上，总体上上游滑面高，下游滑面的层位较低，而滑动方向基本一致，均为岩层面倾向方向。根据堆积体上游侧残留岩层结构呈似基岩状（岩层倾向下游与区内岩层倾向相反，倾角平缓）判断，该处滑坡有一侧向旋转的过程，可以认为滑坡的边缘受到侧向切割面的牵制作用，具有基岩滑坡的特征。

滑坡堆积形成后，河流侵蚀切割的发展过程中有一段滞留时期；并向右岸侵蚀，堆积体在地表水的作用（侵蚀、冲刷、潜蚀）和重力作用下不断有小范围的崩塌、滑坡现象，崩塌和滑坡产生的大部分物质被水流带走。



图 4-5 马堡营滑坡全貌

## 6. 瞿家湾滑坡

位于洞坪水库上游中间河左岸 2.4km 处，前缘高程 389m，后缘高程 600m，主滑体厚度 22m，滑体物质以含碎石、角砾的粉质粘土为主，面积 0.132km<sup>2</sup>，估算体积 2.9×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>。滑坡体所在的斜坡为志留系泥质页岩构成的顺向坡，见图 6。坡度变化情况如下：前缘 28°，中部 20°，后缘 42°，因水库蓄水引起坡体表层土体严重变形，坡中部及后缘发育三条横向裂缝，长约 80~150m。

该滑坡体已经出现了明显的失稳变形，滑坡体前、后缘都出现了较严重的塌落及较大的张性裂缝，蓄水水位提高以后，将会进一步加剧，可能出现小到中型的滑坡。前缘坡体落差达 6~7cm，后缘坡体最大落差达到 43cm，缝宽达 70mm，



图 4-6 瞿家湾滑坡

裂缝的走向与后缘岩层的走向基本一致。并且裂缝还在扩展中，另外在 I 号滑坡体上分布的居民家中房屋和地面也都出现了不同程度的开裂变形，地面裂缝宽度在 2~4mm 之间。此种现象的出现，表明该滑坡体的原始结构已经发生了较大的改变。根据对该滑坡体地质调绘和钻孔资料揭示的地层分布情况的综合分析，目前坡体处于欠稳定状态，滑坡易发展。

## 7. 刘家坝滑坡体

位于坝上游约 2.7km 处，前缘高程 390m，后缘高程 676m，主滑体厚度 20m 左右，滑体物质以含碎石、角砾的粉质粘土为主，面积  $0.237\text{km}^2$ ，估算体积  $474 \times 104\text{m}^3$ 。滑坡体所在的斜坡为志留系粉砂质页岩构成的顺向坡。坡度变化情况如下：前缘  $22 \sim 32^\circ$ ，中部  $7^\circ$ ，后缘  $34^\circ$ ，因水库蓄水引起坡体表层土体变形，前缘局部失稳，见图 7。

该滑坡体上分布有 7 户居民，该坡体前、后缘也都出现了小量塌落及裂缝，后缘裂缝宽 4~8mm 之间，前缘住户地面出现剪性裂缝，宽 10mm，错距为 2~3mm，该坡体上其他住户的家中地面和房屋也出现了不同程度的变形，裂缝宽度在 3mm



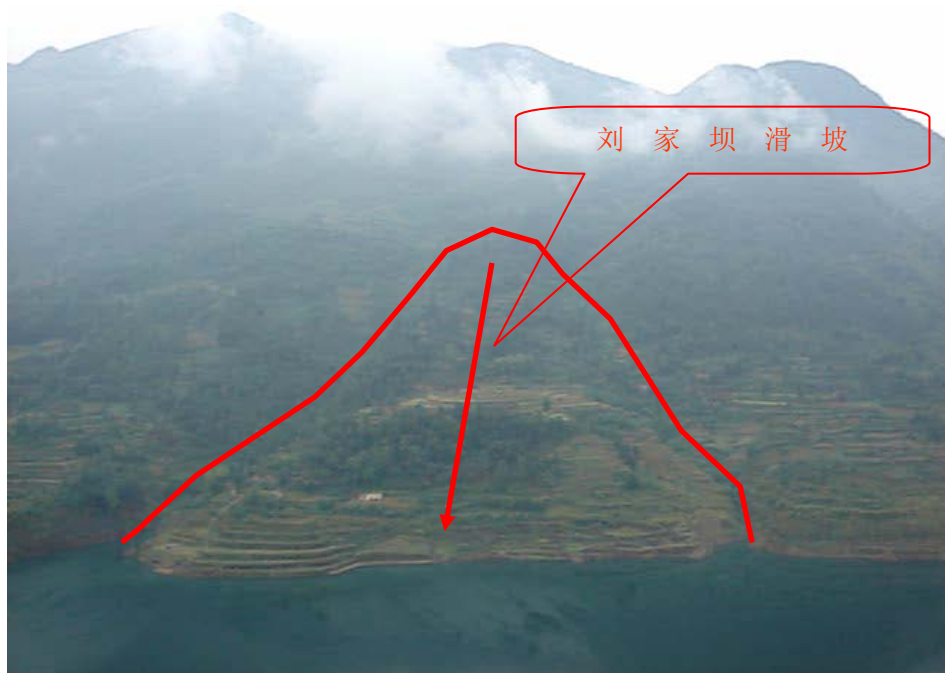


图 4-7 刘家坝滑坡

左右，目前水位尚未上升到设计水位，该坡体变形没有继续发展，坡体尚处于整体基本稳定状态。

#### 8. 大沟湾滑坡体

位于坝上游约 3.0km 处，前缘高程 390m，后缘高程 728m，主滑体厚度 25m 左右，滑体物质以含碎石、角砾的粉质粘土为主，面积 0.269km<sup>2</sup>，估算体积 673×104m<sup>3</sup>。滑坡体所在的斜坡为志留系粉砂质页岩构成的顺向坡。坡度变化情况如下：前缘 20°，中部 10°，后缘 30°，因水库蓄水引起坡体表层土体局部变形，见图 8。但未发现明显的变形和滑塌，整体处于稳定状态。



图 4-8 大沟湾滑坡



## 9. 姚家湾滑坡体

位于坝上游约 3.4km 处，前缘高程 391m，后缘高程 680m，主滑体厚度 30m 左右，滑体物质以含碎石、角砾的粉质粘土为主，面积 0.282km<sup>2</sup>，估算体积 846×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。滑坡体所在的斜坡为志留系粉砂质页岩构成的顺向坡，见图 9。坡度变化情况如下：前缘 25°，中部 10°，后缘 25°，水库蓄水后未见变形破坏现象。

该滑坡体目前尚未发现有较明显的变形，其坡度较平缓，土质条件相对较好，整体处于比较稳定状态。



图 4-9 姚家湾滑坡

## 10. 秦家湾滑坡体

位于洞坪水库上游中间河左岸 3.8 Km 处，前缘高程 493m，后缘高程 560m，主滑体厚度 17m 左右，滑体物质以含碎石、角砾的粉质粘土为主，面积 0.116km<sup>2</sup>，估算体积 197×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。滑坡体所在的斜坡为志留系泥质页岩构成的顺向坡。坡度变化情况如下：前缘 30°，中部 14°，后缘 34°，因水库蓄水引起坡体前缘表层土体局部变形（见图 10）。滑体后缘出现了基本沿岩层走向发展的张性裂缝，缝宽达 8mm，前缘也出现了张性裂缝，缝宽 3mm，居民家中地面亦出现了少量的变形，该坡体变形目前尚未扩展，其坡体土质条件相对较好，结合地质测绘及坡体地层分布情况综合分析，该坡体在目前水位情况下不会发生大的变形失稳，坡体处于整体基本稳定状态。



图 4-10 秦家湾滑坡