

荣 县 二 佛 岩 危 岩
勘查与治理工程可行性研究勘察报告

四川省地质矿产勘查开发局化探队

二〇〇六年五月

重庆市李子坝岩

勘查与治理工程可行性研究勘察报告

项目组据省厅审查通过的勘察设计，于4月初至中旬，进行了现场勘察，提交了《重庆市李子坝危岩勘查与治理工程可行性研究勘察报告》，经队初审，形成如下意见：

1. 重庆市李子坝危岩位于重庆市李子坝地层构造简单，出露地层主要为侏罗系中统沙溪庙组（J₂s）灰~黄灰色厚层状石英砂岩夹薄层状紫红色砂泥岩、第四系全新统残坡积、崩坡积粘土、含碎块石粘土及冲洪积淤泥质粘土及砂砾石层。构造以外倾重力裂隙为主，构造及风化裂隙次之。危岩高程357m—365m~380—390m，高差一般20m。属高山地貌。

2. 经勘查，危岩分布区残崩坡积层，厚层石英砂岩为孔隙水，孔隙裂隙水含水层，紫红色砂泥质岩为相对隔水层。地下水受大气降水补给，大部份以地表径流形式排泄，受隔水层影响，危岩砂岩孔裂隙地下水贫乏。危岩整体性好，局部人类活动强烈、重力裂隙发育，产生危岩块体。因此，李子坝危岩区水文地质、工程地质条件属简单型结论正确。

3. 勘察工作完成主要实物工作量，经队专家组野外实地验收，工程测量（控制点、地形、勘探线剖面测量、工程地质测绘）符合测量规范要求。满足了工程地质测绘需要。工程勘察布设探槽6条合理，编录符合规范要求。针对具体危岩体进行剖面图、立面图测量、岩土试样采取，切合实际，

反映了危岩体特征。

4. 工程地质测绘，划分危岩段 6 处，查明李子坝危岩体 19 处，危险挡土墙 2 处，报告详细阐述了危岩段及危岩体特征及成因，采用平面滑动法、坡率值法。根据岩土力学试验参数，对危岩体稳定性进行了详细评价，符合实际，基本合理。

5. 报告对危岩治理提出了合理化建议，即采用工程治理法，针对不同危岩体进行治理可行。

综上所述，《重庆市李子坝危岩勘查与治理工程可行性研究勘察报告》，内容全面、章节安排合理、文字简练，勘察工作仔细，工程勘察恰当，工作方法与技术可行，结论明确，提出的治理方法得当。可作为可行性研究与施工图初步设计的依据。建议按队提出的修改意见进行修改、补充、完善，按时报省厅审查。

二〇〇六年五月十日

目 录

第一章 绪 论.....1

 第一节 勘察的目的任务及技术规范..... 1

 第二节 勘查工作概况.....2

 第三节 完成工作量.....2

 第四节 取得主要成果.....2

第二章 区域地质环境概况3

 第一节 危岩区自然经济地理概况.....3

 第二节 地层构造..... 3

 第三节 水文工程地质条件.....5

 第四节 新构造运动与地震.....6

第三章 李子坝危岩特征.....7

 第一节 危岩总体特征..... 7

 第二节 危岩段和危岩体特征及防治方案建议.....9

第四章 危岩体整体分析评价25

 第一节 危岩体总述.....25

 第二节 危岩体成因分析.....27

 第三节 边坡岩土体物理力学参数及分析评价.....27

第五章 危岩治理方案及防治措施建议28

第六章 结论与建议.....29

附 图：重庆市李子坝危岩工程地质勘察报告图册（见附图册）

附 件：岩土力学试验报告（附正文后）

第一章 绪 论

第一节 勘察的目的任务及技术规范

一、目的任务

根据特大型地质灾害防治工程管理规定有关要求，开展李子坝危岩勘察与治理工程可行性研究工作。具体任务如下：

1. 收集危岩崩塌史（崩塌类型、规模、范围、方向和危害程度等）、气象、水文、地震、防治危岩崩塌的经验等资料。
2. 危岩区工程地质测绘，地形地质测绘比例尺1：500，勘察线剖面测绘比例尺1：200。
3. 查明危岩崩塌区地形地貌和水文工程地质条件。
4. 查明危岩崩塌区的地质环境条件。通过合理的勘察手段和符合规范要求的勘探工作量，查明灾害体的分布、规模、危岩崩塌区的岩体结构类型、结构面形状、组合关系、闭合程度、力学属性、贯通情况和岩性特征、风化程度以及下覆洞室等。阐明危岩及崩塌的诱发因素、稳定性及发展变化趋势，危害特征等。
5. 在勘探工程内，按边坡工程勘察要求，对主要岩土层和软弱层采集一定数量试验样进行物理力学试验。参考经验数据，正确提出灾害体的有关物理力学参数指标。
6. 通过上述工程地质勘察，进行治理工程的可行性研究、比选治理方案，推荐最佳方案，编制治理工程施工图初步设计、经费概算，达到对危岩进行治理目的。

三、勘察工作技术规范

勘察工作的主要技术规范有：

1. 《地质灾害防治条例》中华人民共和国国务院令[第 394 号]；
2. 国土资发[2004]69 号《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》；
3. 《岩土工程勘察规范》GB50021-2001；
4. 《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2002；
5. 《工程测量规范》GB/T50026-93；
6. 《大比例尺地形图辅助成图规范》GB14192-94。

第二节 勘察工作概况

我院于 2006 年元月接受任务后，立即组织技术力量，奔赴现场，开展了现场踏勘、工程测量、资料收集，于 2 月 20 日准时提交了李子坝危岩勘察设计，3 月 19 日省厅组织专家评审通过了勘察设计。

一、资料收集

根据评审通过勘察设计，首先对危岩地区区域工程地质环境资料进行了系统的收集，其次开展了危岩崩塌史详细调查了解。

二、工程测量

以设计的勘察范围为基础，以反映危岩体分布及影响范围为前提，采用静态 GPS 进行了控制测量，进行符合 1：500 比例尺精度要求；地形测量；剖面测量。

三、工程地质测绘

针对危岩体高陡，顶部有砂质粘土、砂质泥岩覆盖，岩脚有街道营业房、民舍等不利施工客观实际，以具体危岩体为重点，采用了以地面工程地质测绘为主，工程勘察为辅的工作方法，查明了危岩体特征。

第三节 完成工作量

在前期完成工程测量及勘察设计审查基础上，于 2006 年 4 月 2 日至 4 月 13 日，开展了李子坝危岩工程地质测绘，历时 12 天，（包括前期）共计完成工作量如表 1-1。

表 1-1 李子坝危岩勘察完成工作量统计表

项 目		比 例 尺	单 位	数 量	备 注
工 程 测 量	GPS 控制点		点	4	“E” 级
	地形测量	1：500	Km ²	0.2	
	勘探线剖面测量	1：200	Km	1.425	
	工程地质测绘	1：500	Km ²	0.12	
危岩体剖面测量		1：100	m/条	170/17	
危岩体立面测量		1：100	m	154.3	
探 槽			m ³ /条	208.2/6	
探槽编录		1：100	m	69.40	
室内试 验样	土 样		件	3	
	岩 样		件	7	

第四节 取得主要成果

一、工程测量

通过符合规范要求进行了 1：500 比例尺的工程测量，客观地反映了李子坝危岩分布范围，地形地貌、地物，满足了工程地质测绘的要求。

二、工程地质测绘

通过对具体危岩的调查测绘，查明危岩体 19 处，危险挡土墙 2 处。查明了危岩体的特征、危岩体的稳定性及发展变化趋势，比选治理方案。

通过工程勘察，明确了危岩边坡的结构特征，软弱层的分布，针对不同位置的岩土体采集了室内试验样 10 件。经测试，为危岩体的稳定性评价及治理方案的比选、设计提供了依据。

第二章 区域地质环境概况

第一节 危岩区自然经济地理概况

一、位置及交通

李子坝危岩区位于重庆市南。交通十分方便（见图 1 交通位置图）。

二、气象水文

区内属亚热带湿润季风气候，冬暖、春旱、夏热多雨，湿度大。年均气温 17.8℃，一月均温 7.5℃，七月均温 26.9℃，极端高温 39℃，极端低温-2.7℃，年均降水量 1000mm，6～8 月为雨季，多暴雨。

区内河流有双溪河，自旭阳镇北侧由北西向南东注入旭阳河，属沱江三级支流水系。为降水补给型河流，6～8 月为汛期。

三、自然资源

重庆市自然资源丰富，农业主产水稻、红苕、玉米、小麦、豆类等粮食作物。经济作物有花生、油菜、甘蔗、茶叶、蚕桑等。名优土特产有曲酒、茶叶、花生、蚕茧、柑桔等。矿产资源主要以天然气、盐卤闻名，有少量煤、铁、铜陶土。

第二节 地层构造

据自贡幅区域地质资料，项目区位于资中～威远穹窿构造南缘，地层构造较为简单。

一、地层

出露地层主要有侏罗系中统沙溪庙组，次有第四系全新统残坡积、崩坡积及冲洪

积层，其岩性特征如下：

1. 侏罗系中统沙溪庙组（J_{2s}）

分布于李子坝一带，呈北东南西展布。为一套河湖相碎屑岩沉积，其上部：（即陡崖之上部），由灰～浅灰色（风化面呈浅黄色）中层状中至细粒石英砂岩和紫红色砂泥质岩组成，砂岩厚约 0.8～1.0m，砂泥质岩厚约 2.6～3.0m。中部为灰～浅灰色（风化面呈浅黄色）厚层状中～细粒石英砂岩，明显展布于饶钵顶之下，形成陡崖。厚约 12～15m。下部由一层浅灰色角砾岩与上伏厚层状砂岩分界。厚约 1.0～1.40m,其下由紫红色薄层状砂泥质岩及砂岩组成。

2. 第四系全新统残坡积、崩坡积及冲洪积层（Q₄）

残坡积分布于饶钵顶丘状山顶，为风化残积型褐、红褐、黄色粘土，厚约 0.60～1.0m。崩坡积层分布于项目区陡崖斜坡地带，为褐色、褐黄色含砂岩碎块石粘土，厚 1～2m。冲洪积层主要分布于双溪河沟谷两岸，由灰～浅灰或黑色粘土、淤泥及砂、砾卵石组成，厚约 2～3m。

二、构造

项目区位于资中～威远穹窿构造南缘的自流井凹陷带，以单斜构造裂隙为主，次为风化、重力、构造裂隙，未见次级断裂及褶皱。

1. 单斜构造裂隙

属层面裂隙，顺岩层层理发育，在薄层砂岩及砂泥质岩中，呈闭合状，裂隙频率较大，产状与岩层一致，为 155°～216° ∠13°～15°。

2. 构造裂隙

一是见于饶钵顶丘状平台中层状砂岩中，有两组张性裂隙，裂隙宽 1～2cm。裂面平直，裂隙频率 2 条/m，将岩石分割成碎块体，两组裂隙产状分别为 305° ∠88°、15° ∠88°。

二是见于锯齿状陡崖面，为发育于厚层状砂岩的一组 X 剪裂隙，产状分别为 15°～20° ∠80°～88°、100°～110° ∠84°～87°，将厚层砂岩分割成标形块体，二剪裂面间一隅常夹危岩体。

3. 风化裂隙

发育于裸露砂泥质岩石风化面，裂隙细小，呈上大下小张开状，延伸不深不远，

展布呈网状。

4. 重力裂隙

发育于陡崖肩局部地段，将岩体切割成上大下小的危岩块体，裂隙呈向上凸起弧形展布，上窄下宽，其内由砂岩碎块及泥质或植物根系充填，外倾向随危岩所处位置发生变化，倾角 $>70^{\circ}$ 。

第三节 水文工程地质条件

一、水文地质条件

据前述，项目区主要展布第四系松散堆积层及沙溪庙组地层。含水层有第四系松散堆积孔隙含水层、沙溪庙组砂岩孔隙裂隙含水层和沙溪庙组砂泥质岩隔水层。

1. 第四系松散堆积孔隙含水层

该层覆盖于沙溪庙组地层之上，主要为残崩坡积物及冲洪积物、孔隙发育，结构松散，厚度小，渗透性好，受大气降水补给，地下水沿斜坡或低洼沟谷地自流排泄，部分沿裂隙渗入地下，为一透水层。

2. 砂岩孔隙裂隙含水层

饶钵顶一带，残坡积层之下为沙溪庙组砂泥岩互层，发育有两组裂隙的中层状砂岩层，厚度0.8~1.0m，受大气降水或上伏残坡积层中孔隙水补给，孔隙裂隙水较发育，含水量小，但其下为一层砂泥质岩隔水层，地下水沿接触面自流排泄而不再下渗。饶钵顶危岩，为巨厚层状砂岩，位于砂泥质岩隔水层之下，岩体质量因素较好，裂隙不甚发育，局部受大气降水补给，受水面积小，陡崖排泄条件好，因此，陡崖裂隙未见含水或地下泉水涌出痕迹，裂隙干燥，坡脚也未见地下泉水点及浸出状地下水流出。

3. 砂泥质岩隔水层

位于砂岩层间，为紫红色薄层状砂泥质岩，厚1.50~2.50m，风化地带风化裂隙发育，裂隙延伸不深也不长，弱含水。新鲜岩层裂隙不发育，为一较好隔水层。

4. 项目区，除双溪河外，地表无大的水体分布，对地下水无影响。

二、工程地质条件

1. 工程地质岩组

项目区主要为沙溪庙组砂岩夹砂泥质岩地层，据其力学性能有软质~半坚硬工程地质岩组和坚硬工程地质岩组。

（1）软质岩工程地质岩组

为砂岩中所夹紫红色砂泥质岩、泥岩，呈薄层状，单轴极限抗压强度低，一般＜5Mpa，风化面裂隙发育，遇水易软化，与硬质砂岩显导致差异性风化，形成陡崖脚局部地段凹槽型凹腔。

（2）硬质岩工程地质岩组

为沙溪庙组砂岩，厚层状巨厚层状砂岩，岩体完整性好，裂隙不发育，单轴极限抗压强度高，一般为 15～30Mpa，中层状砂岩层，近地表带，风化裂隙构造较发育，岩体完整性差，易形成岩块，处于陡崖边缘者，则是崩塌灾害体。

2. 不稳定斜坡

李子坝危岩，为一巨厚层状岩质陡倾斜反向边坡，陡崖近于直立，砂岩完整性较好，时间流逝，风化加剧，生物侵蚀，导致了风化裂隙、卸荷裂隙发育、在人类工程活动影响下，形成直立切坡，残留危岩。致使李子坝成为不稳定岩质边坡。

第四节 新构造运动与地震

挽近期以来，自贡地区新构造运动比较强烈。据记载，自公元 1475 年以来，自贡、重庆市、富顺等地先后发生过 4～5.5 级地震十余次（表 2-1）。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》和《中国地震特征周期值区划图》，李子坝危岩区地震动反应谱特征周期为 0.35s，地震动峰值加速度为 0.05g，其相应的地震基本设防烈度为 6 度。

表 2-1 自贡地区地震情况简表

序号	发震时间	震中地点	震级	烈度（度）	备 注
1	1475 年 10 月 23 日	自流井附近	4.75		
2	1632 年 1 月 20 日 1475 年 10 月 23 日	资中-内江	4.75		
3	1892 年 2 月 10 日	南溪仙临场	5	6	
4	1896 年 2 月 14 日 1475 年 10 月 23 日	自流井沿滩	4.75	7	
5	1905 年 11 月 8 日	自贡市	5.5	7	宏观震中在贡井
6	1947 年 10 月 17 日	自贡市	5	6 强	富顺威远等地感觉强烈
7	1954 年 10 月 24 日 1475 年 10 月 23 日	自贡大安	5	7	
8	1959 年 11 月 13 日	富顺仰天铺	5		

9	1965 年 3 月 31 日	自贡西南	4		
10	1965 年 4 月 11 日	自贡东	4.6	7 强	宏观震中在自贡豆芽湾
11	1967 年 7 月 29 日	重庆市北	4		
12	1972 年 11 月 6 日	自贡东北	4		东碳厂带有强感
13	1978 年 3 月 29 日	自贡市	4.2	6 强	
14	1985 年 2 月 20 日	重庆市东南	4.1		宏观震中在孔滩附近
15	1985 年 3 月 29 日	自贡凉高山	4.8		

第三章李子坝危岩特征

第一节危岩总体特征

一、危岩体类型

根据建筑边坡工程技术规范，李子坝危岩临空面为近于直立厚层状石英砂岩岩质边坡，整体完整性好。缓倾岩层与边坡组成反向坡，有外倾结构面和不同结构面的组合线，倾角>70°，15m~30m 高边坡整体稳定，偶有掉块。对其下的居民区街道人民的生命财产构成危害。边坡岩体类型属 I 类。

二、危岩体规模

李子坝危岩体平面上总体呈“兀”字形展布，自东向西，W₁、W₂、W₃、W₄危岩段构成一横，W₅危岩段组成一撇，W₆危岩段在青羊洞一带形成马掌形岩质边坡。总体长 1280m，有可能发生崩塌的危岩段长约 600m，临空面岩质边坡一般最低高程 357~368m，顶高程 380~389m，高差 23~21m。低者 11~12m，局部高者约 29m。

据本次工程地质测绘，李子坝危岩体主要展布于饶钵顶北侧岩质边坡段，有倾向危岩体边坡临空面外的楔形危岩 7 处，悬梁式危岩体 7 处，构造裂隙成因危岩 2 处，人类工程活动与风化因素形成危岩体 3 处，累计查明不同类型不稳定危岩体 19 处。

三、危岩体地形地貌及结构特征

（一）地形地貌

1. 岩质边坡顶部地形地貌

顶部饶钵顶为近东西向展布丘状地形，高点有 3，呈左倒“L”型排列。被裸露的岩质边坡所围，东侧（采石坑附近）高点高程 387.57m，山包为椭圆形，至陡崖肩部高差约 7.82m，向陡崖方向倾斜最大边坡角约 20°。西侧微波站园形山包，高点高程

395.51m，向陡崖倾斜边坡角约 19° 。微波站正南椭圆形山包，高点高程 395.06m，向陡崖方向呈缓倾斜圈椅状地貌，坡度约 10° 。山包间地貌呈马鞍形。陡崖肩部地形呈舒缓波状起伏。饶钵顶属二佛村 8 组地界，除丘顶东及南为成片村民住宅外，其余皆属耕地，间种有稀疏柑、枇杷、桃、桑等经济林木。陡崖肩部生长有桉树、黄果树等灌木和竹，杂草及刺类植物繁生。

2. 岩质边坡地貌

悬崖状岩质边坡环绕于饶钵顶西、北、东侧，见工程地质图 1，W₁危岩段岩质边坡位于重庆市第三人民医院东侧，北东 23 度方向展布，长 81m，高差约 13m。W₂、W₃、W₄危岩岩段岩质边坡位于旭阳镇街道南侧，北西 280 度方向展布，长约 470m，平均高差约 21m。下部佛龕凹腔岩发育。W₅危岩段岩质边坡位于原农机修配厂西侧，北东 35° ～北西 340° 弧形展布，临空面高最小 10m，最大 19m，平均高 14.5m。W₆危岩段位于重庆市第三人民医院西侧，青羊洞一带，呈马掌形展布，长 380m，临空面高度最小 12.0m，最大 17.0m，平均 14.5m。青羊洞位置为高度较大凹腔岩。

3. 岩质边坡下部地形地貌

对临街面的危岩段，陡崖之下展布有崩塌形成的陡斜坡，坡度 30° ～ 40° ，平距宽 15～20m，高差约 10m。为崩残坡积台阶式斜坡带，分布有稀疏桉树、杂草、菜地及坟堆。二佛寺西侧长约 200m 地段，地方政府于近年进行了防护，建成直立的水泥砂浆护面斜坡带。

（二）边坡结构特征

见重庆市李子坝危岩 II～II' 勘探线剖面附图。

饶钵顶丘状地貌区，自上而下，第四系全新统褐红色、褐黄色残坡积堆积耕土、砂质土，厚 0.60 m～1.0m。侏罗系中统沙溪庙组中层状黄色砂岩、薄层状褐红色、褐色砂质泥岩。二者分别厚 0.8 m～1.0m、2.6 m～3.0m。组成丘状反向缓斜坡带。

临空面岩质边坡，由氧化带为黄色，原生为灰色厚层状石英砂岩组成近于直立反向悬崖式边坡，其间局部地段有软弱夹层，差异风化，顺岩层走向局部形成凹槽。

陡崖下陡倾斜坡带，第四系褐黄色 2～3m 崩残积物，下伏侏罗系中统沙溪庙组地层，上部有一层浅灰浅褐色泥质角砾岩，角砾为棱角次棱角状，成分为灰白色灰岩、灰色砂岩，泥质胶结。与上部石英砂岩明显分界，分界处局部段有差异风化凹槽，厚

1.0~1.40m。下为紫红色厚约 2.0m 薄层状砂质泥岩、厚层状石英砂岩。

本次调查工作据边坡结构特征的差异，将其划分为六段（见第二节）。

四、危岩崩塌史

据本次调查，不同位置危岩曾多次崩塌，落石翻滚砸垮房屋，伤及人命。

1964 年，精神病院陡崖之下，有木架结构房屋，居住杨三娘母女俩，因陡崖崩塌，落石翻滚，打垮房屋，致使二人死亡，其女受害时年龄方 10 余岁。

1976 年，二佛寺佛象背后，因采石，一 6.0m 高楔形危石，坠落翻滚，使石匠杨三、王白华等三人丧命，重伤二人。

2000 年 7 月，李子坝西端转折部位，谭绍荣房后，危岩崩塌翻滚，穿墙入室，值房屋无人居住，未伤人。房主因此将其房屋转售。

2002 年 12 月，风雨桥正对东侧，王华平、张新立房后，凹腔岩上部危岩，因卸荷裂隙引起悬空岩体坠落翻滚，打穿房屋后墙，幸免未伤及人命。事后由四川省地质环境监测总站对其崩塌进行专门调查，12 月 28 日，提交了二佛崖局部崩塌调查简报。

2003 年 12 月 7 日，对风雨桥正对西侧危岩进行排除，因处理不当，危岩坠落，打死石匠一人。

在陡崖花圃种植园地内的凹腔佛龕，卸荷裂隙引起坠落型崩塌。

第二节 危岩段和危岩体特征及防治方案建议

一、危岩的分段

根据踏勘和本次工程地质调查，依危岩体位置、类型、岩质边坡结构特征，将李子坝危岩划分危岩段，自东向西，分出W₁、W₂、W₃、W₄、W₅五个危岩段，见李子坝危岩工程地质图 1，马掌形危岩为W₆。每个危岩段中又具体划分出危岩体，其顺序编号为①②……危岩体。

（一）W₁危岩段

位于重庆市第三人民医院（精神病院）东侧，二佛寺南侧，与二佛寺紧邻一段陡崖，长约 81m，高差约 13m，近于直立，距居民 4 层楼砖混结构住房后墙 3~4m。危岩顶部边缘有医院 2~3m 高砖式围墙加载，危岩体为巨厚层状砂岩反向结构，整体稳定，上部有一软弱夹层，差异性风化出现凹槽，见照片 1、2，临空面上布满植物根系，生物风化作用强烈。平行临空面卸荷裂隙，走向 20°，倾角 70°，在陡崖南、中、北

段肩部发育，宽 5~6cm。形成巴壳式危岩体两处，柱状式危岩体一处。见附图册图 3-1、3-2、3-3①、②、③号危岩体立、剖面图。外倾卸荷裂隙及异性风化凹槽，位于层状岩体浅表层，因此，岩体整体稳定性好，使局部形成危岩体。



照片 1 W₁危岩段差异风化凹槽



照片 2 W₁危岩段差异风化凹槽

1. ①号危岩体（W₁-①）

a、危岩体特征

位于W₁危岩段南端，见照片 3 和附图册。图 3-1，①号危岩体剖面图、立面图。危岩体有外倾裂缝，产状 110° ∠78°，宽 5~6cm。向临空面凸起弧形出露，泥质、充填树根伸入其中，走向贯通长 7.5m，暴雨季沿危岩体裂缝有地下水浸出，危岩体高 12.0m，宽 7.5m，厚 2.7~2.8m。底部凹腔 1.0m，中部有居民房舍隔墙、端墙支衬。为

一卸荷裂隙巴壳式危岩体。



照片 3 W₁危岩段①*危岩体外倾张裂隙

b、危岩体稳定性分析

据该危岩块实际，其底已虚脱，有剪出口，有外倾结构面，危岩自重沿裂隙产生的下滑力，克服结构面摩擦力，产生下滑可能性大。但有两道隔墙支衬，属暂时稳定危岩体。

c、稳定性评价

按W₁—②危岩体公式和参数取值计算， $\gamma = 27.3 \text{ (KN/m}^3\text{)}$ $v = 25.99\text{m}^3$ ， $\theta = 28^\circ$ $K_s = 1.24 < 1.35$ ，属不稳定危岩体。

d、危岩体治理方案建议

危岩体离居民房舍近，有房舍端、隔墙支衬。因此，治理方法采用稀疏灌浆锚杆加固支护处治。裂缝用水泥砂浆封填。

2. ②号危岩体（W₁—②）

a、危岩体特征

位于W₁危岩段中部，见照片4和附图册图3-2，②号危岩体剖面图、立面图。有外倾裂缝两条，其中一条产状 $110^\circ \angle 56^\circ$ ，宽2~3cm。向临空面凸起弧形出露。其中部有一竖直张裂缝与前者交叉，产状 $110^\circ \angle 84^\circ$ ，宽2~



照片 4 W₁危岩段②*危岩体外倾张裂隙

3cm。二者泥质碎石充填。前者上界位于围墙内 1.70m，下止于 345m 高程处，斜长约 10m，裂缝顺走向贯通长 12.0m。危岩体高 8.10m，断面形状上薄、中间厚，向下楔形尖灭，呈三角形。最厚处 1.70m。雨季时，有地下水从裂缝中浸出。

b、危岩体稳定性评价

采用平面滑动法进行计算，采用公式如下：

$$K_s = \frac{\gamma V \cos \theta \tan \varphi + AC}{\gamma V \sin \theta}$$

γ ——岩体重度 (KN/m³)

C——结构面粘聚力 (Kpa)

φ ——结构面内摩擦角 (°)

A——结构面面积 (m²)

V——岩体的体积 (m³)

θ ——结构面倾角 (°)

实则 $\gamma=27.3$ KN/m³，参考建筑边坡工程技术规范，结构面粘聚力 C=0.015Mpa=15kpa，结构面摩擦角，按结合差，取下限值 $\varphi=18^\circ$ ，取单宽计算，结构面面积 A=10m²，取单宽计算，岩体体积 V=8.5 m³，结构面倾角 $\theta=56^\circ$ 。

$$\begin{aligned} \text{则 } K_s &= \frac{27.3 \times 8.5 \times \cos 56^\circ \times \tan 18^\circ + 10 \times 15}{27.3 \times 8.5 \times \sin 56^\circ} \\ &= \frac{42.16 + 150}{192.37} \\ &= \frac{192.16}{192.37} = 0.998 \end{aligned}$$

边坡稳定安全系数按安全等级一级考虑，为 1.35。与实际 $K_s=0.998$ 比较，则该危岩体属不稳定危岩体。

C、危岩体治理方案建议

采用灌浆锚杆加固，裂缝水泥砂浆封填。

(3) ③号危岩体 (W₁—③)

a、危岩体特征

位于 W₁危岩段北西端，与二佛寺紧邻。见照片 5 和附图册图 3-2，③号危岩体剖面图、立面图。有外倾裂缝一条，产状 $100^\circ \angle 72^\circ$ ，直线展布，宽 3~5cm，斜长 8.70m，

泥质充填，出露高程 348.5m~357m，高 8.5m。裂隙贯通长 6.5m。雨季时，裂缝中有地下水浸出，厚 5.0m。为一梯形柱状体，危岩体上部有一危石。



照片 5 W₁危岩段③危岩体外倾张裂隙

b、危岩体稳定性评价

据危岩块体实际，虽有外倾结构面，但未形成剪出口，危岩块体基础稳固，不产生滑塌，外倾力水平力不足以使危岩块倾倒。为一稳定岩体。

c、治理方案建议

对危岩体顶部危石进行清理。对裂缝及中间段上部差异风化形成的凹槽，用水泥砂浆封填。

(二) W₂危岩段

1. 危岩段总体特征

东起于二佛佛象陡崖，北西止于水寨门东侧。长约 150m，陡崖临空面高度最小 16m，最大 29m，一般 21~25m。为一锯齿状陡崖段，见照片 6，表现一组 X 构造剪裂隙，产状分别为 $15^{\circ} \sim 20^{\circ} \angle 80^{\circ} \sim 88^{\circ}$ 、 $100^{\circ} \sim 110^{\circ} \angle 84^{\circ} \sim 87^{\circ}$ 。东端二锯齿



照片 6 W₂锯齿状陡崖

面间夹有自然形成的④⑤号危岩体，见照片 6、7，西端崖肩有巴岩式凹腔式⑦危岩体，

见照片 8，崖脚有人为采石切割遗留⑥号危岩体，见照片 9。从整体厚层块状反向结构岩体看，属稳定岩质边坡，其局部存在危岩块体。



照片 7 W₂构造裂隙式危岩体



照片 8 W₂⑦*危岩体上部巴壳危岩



照片 9 W₂⑥*人为切割危岩体

2. 危岩体特征

(1) ④、⑤危岩体

a、④、⑤危岩体特征（W₂—④、⑤）

④、⑤号危岩体同属锯齿断面根部夹持危岩体。

④号危岩体，见附图册图 3-4，顺序号 10 立面图和剖面图，位于二佛寺塔墓北西约 12m，临空面陡崖中上部，危岩体上部呈似三棱锥形，顶高至陡崖肩，高程 381.50m，棱锥底边长 4.10m，高程 371.45m，高约 10m。其下部呈一倒三棱台形，上大下小，底面悬空，距下部平台 3.40m。高程 365.65m，高 5.8m。全高约 16.0 m。危岩体与锯齿面接触部位有张性裂缝，产状 110° ∠88° 者宽 4~10cm，产状 20° ∠88° 者宽 6~7cm，泥质及树根杂草充填。二组合面交线陡倾北东东。

⑤号围岩体，见附图册图 3-5，顺序号 11 号危岩体立体图，位于④号危岩体西侧约 20m 的另一个锯齿断面中，处于临空面陡崖上部，整体形状三棱柱，顶面高程 380m，底面高程 370.75m，高差 9.25m，下部被崩坡积物所掩盖，棱柱与锯齿面接触部位有陡倾斜张性裂缝。二组合面交线向北东东方向倾斜。

上述二危岩体破坏形式为滑落翻滚式，但在岩质边坡之下的陡倾斜坡下，无建筑物，为一木料市场木料摆放地，危害性不甚严重。

b、危岩体稳定性分析

以④号危岩体产状为 110° ∠88° 剖面为例，按平面法滑动法进行定量计算分析其稳定性。

采用前述②号危岩体计算公式：

$$K_s = \frac{\gamma V \cos \theta \tan \varphi + AC}{\gamma V \sin \theta}$$

公式中各字母含义见前述。

$$\gamma = 27.3 \text{ KN/m}^3 \quad C = 15 \text{ Kpa} \quad \varphi = 18^\circ$$

单宽结构面面积 A=16m²，单宽岩体体积 V=20m³，结构面倾角 θ=88°。

$$\text{则 } K_s = \frac{27.3 \times 20 \times \cos 88^\circ \times \tan 18^\circ + 16 \times 15}{27.3 \times 20 \times \sin 88^\circ}$$

$$= \frac{6.19 + 240}{545.66} \\ \approx 0.451$$

同理计算⑤危岩体， $K_s=0.30$

一级边坡 K_s 取 1.35，实际 K_s 远小于 1.35，说明二危岩体属于极不稳定体。虽然直接危害性不大，但危岩体翻滚，对过往车辆产生直接性威胁，必须治理。

c、治理措施建议

④号危岩体采用灌浆锚杆支护。⑤号危岩体采用横梁式支衬方式，进行支护。同时对其裂缝中树、草根进行清理，采用水泥砂浆封填。

(2) ⑥号危岩体（W₂—⑥）

a、危岩体特征

为一人为采石切割遗留危岩体，见照片 9 和附图册图 3-6，顺序号 12⑥号危岩体剖面图、立面图。位于木料市场北西端上部岩质边坡下中部，呈一挡墙形，体积为 6.0×2.0×6.50m，上大下小，自顶向下 2.0m 处，因软弱夹层差异性风化，形成凹槽，使其明显成为两部分，槽中夹有危块石，墙体三面临空，向 200° 方向倾倒。

b、稳定性分析

从目前看，危岩体在下脚基础保持不变，并无大的震动条件下，同时北西侧与边坡接触处，不存在裂缝，危岩块体斜倾向内，暂不发生倾倒，属潜在不稳定岩体。但随时间流逝，风化加剧，卸荷裂隙产生，其发展趋势可能产生向 200° 方向倾倒翻滚式崩塌。落石危急附近居民生命财产安全。

c、治理方案建议

人工方法、减载悬空墙体上部危岩，成条石，沿现有剖面方向，修建条石挡墙，与下部柱形体连接成整体，挡墙内，成为落石槽，以防上部危石下掉伤人。

(3) ⑦号危岩体（W₂—⑦上下部）

a、危岩体特征

位于⑥号围岩体北西侧约 10m 的岩质边坡处。见照片 8 和附图册图 3-7，顺序号 13⑦号围岩体剖面图、立面图。其下部为凹腔岩，长 18m，高约 4.0m，深 1.5m~2.0m。厚层块状反向岩质边坡肩部，有⑦上部巴壳式危岩体，高 6.0m，宽 11.4m，厚 1.0~1.5m。两侧裂缝明显，有外倾裂缝，产状 30° ∠52°。泥质及树根充填。其上边界，为第四

系全新统残坡积物掩盖。

b、稳定性分析

下部凹腔，为悬梁式危岩，上部无外倾卸荷裂隙，凹腔顶部有连通性较差的裂缝，局部有掉块。底部凹腔，随风化加剧，可能产生卸荷裂隙，致使悬空部分岩体坠落翻滚，伤及崖下居民。属潜在不稳定危岩体。

上部巴壳式危岩体，根据剖面图，依据平面滑动法计算公式：

$$K_s = \frac{\gamma V \cos \theta \tan \varphi + AC}{\gamma V \sin \theta}, \text{ 计算其边坡稳定安全系数。}$$

$$\gamma = 27.3 \text{ KN/m}^3 \quad C = 15 \text{ Kpa} \quad \varphi = 18^\circ \quad A = 7.5 \text{ m}^2 \quad V = 8.25 \text{ m}^3, \quad \theta = 56^\circ, \text{ 则 } K_s = 0.82。$$

一级边坡 $K_s = 1.35$ ，实际 K_s (0.84) 远小于 1.35，危岩体属不稳定体。

c、治理方案建议

下部凹腔深处，采用钢筋混凝土柱支衬。凹腔深度小者，采用封填法加固，上部巴壳式危岩进行灌浆锚杆支护，同时，清除裂缝中树根杂草，水泥砂浆封填。

(4) ⑧号危岩体 (W₂-⑧)

a、危岩体特征

位于W₂段北端陡崖上部见附图册，图 3-8，顺序号 14⑧号危岩体剖面图、立面图，高 20m，宽 20.7m，巴壳平均厚 0.9m，呈楔形。外倾裂缝产状 $50^\circ \angle 80^\circ$ ，长 22.7m，宽 3~5cm，泥质、杂草、树根充填。上部边界为第四系残坡积物掩盖。为一巴壳式危岩体。

b、稳定性分析

按平面滑动法参照前述公式定量计算分析评价， $K_s = 0.875$ ，比稳定安全系数 $K_s = 1.35$ 小得多，危岩体为一不稳定岩体。

c、治理方案建议

采用灌浆锚杆支护处理，清理裂隙中杂草树根、水泥砂浆封填。

(三) W₃危岩段

1. 危岩段特征

东起水寨门，即图上采石坑位置，西止于IV号勘探线以东 20m。长约 250m，陡崖临空面高度最小 16m，最大 19m，一般 18m~19m。为一凹腔岩危岩段，此段岩质边坡下部佛龕及自然凹腔密集，见照片 10、11、12、13、14。大小深度各异，小者 $1 \times 2 \times 1 \text{ m}$ ，大者 $5 \times 5 \times 10 \text{ m}$ ，凹腔岩内有外倾重荷裂隙发育，呈闭合状，倾向 20° ，倾角 $>$

70°。凹腔上部，呈悬梁式危岩展示。崖肩部卸荷裂隙不发育，上部相对较稳定。但在陡崖肩部有垄状生活垃圾分布。经现场地质测绘。岩质边坡段，在水寨门处，顶部有 34×5×15m 采石坑，且与陡崖脚相通，名为水寨门，原为二佛村 8 组村民到旭阳镇的捷径。现已用砖拦截封口堵死。在花圃园内的陡崖脚有 30×3.5×3m 历史地下洞室炸药库。凹腔、采坑、地下洞室破坏了岩体的完整性。经测绘危险较大的有⑨、⑩、⑪、⑫、⑬、⑭等 6 个危岩体。



照片 10 W₃危岩段陡崖下凹腔及佛龕



照片 11 W₃危岩段陡崖下凹腔及佛龕



照片 12 W₃危岩段陡崖下凹腔



照片 13 W₃危岩段陡崖下凹腔及佛龕



照片 14 W₃危岩段陡崖下凹腔及佛龕

2. 危岩体特征

(1) ⑨、⑩、⑪号危岩体 ((W₃-⑨、⑩、⑪)

a、危岩体特征

见附图册图 3-9、10，顺序号 15、16 ⑨[#]、⑩[#]、⑪[#]危岩体剖面图、立面图，见照片 15、16，总体特征，一是凹腔岩的背后被采石槽切割，完整性遭破坏，二是凹腔深度大，深者达 5~8m，高度大，高者 9.4m。其三是凹腔内见一组闭合式外倾裂隙，产状 20° ∠70°。

b、稳定性评价

从前述危岩体特征明显看出，三个危岩体潜在不稳定因素客观存在，依闭合性外倾（自临空面向内数）第 3 条裂隙带按前述方法计算，Ks 分别为 0.278、0.287、0.30，为不稳定岩体。发展趋势是时间推移或环境改变，卸荷裂隙产生快，来得猛，属滑塌翻滚型不稳定危岩体。



照片 15 W₃段 ⑨[#]、⑩[#]悬梁危岩体

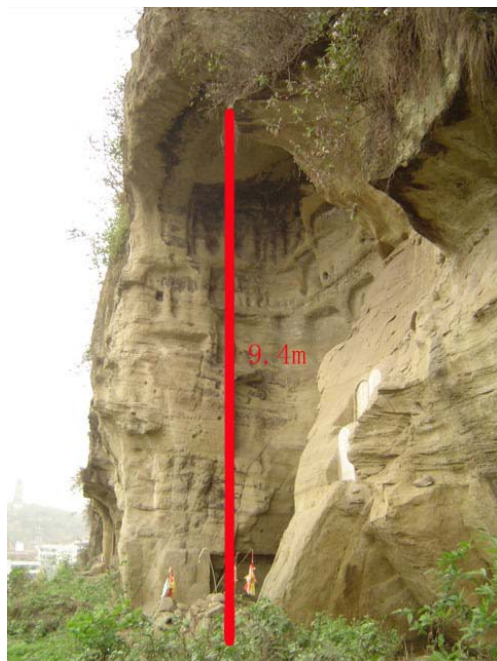
c、治理方案建议

三个危岩体分别采用钢筋混凝土柱支衬加固，局部凹腔深者，采取浆砌块石封填，降低形成卸荷裂隙的危险性。

(2) ⑫、⑬、⑭号危岩体 (W₃-⑫、⑬、⑭)

a、危岩体特征

位于凹腔岩段中部和 W₃ 危岩段西端，见照片 17、18 和附图册图 3-11、12、13，顺序号 17、18、19 ⑫[#]、⑬[#]、⑭[#]危岩体剖面图、立面图。共同特征

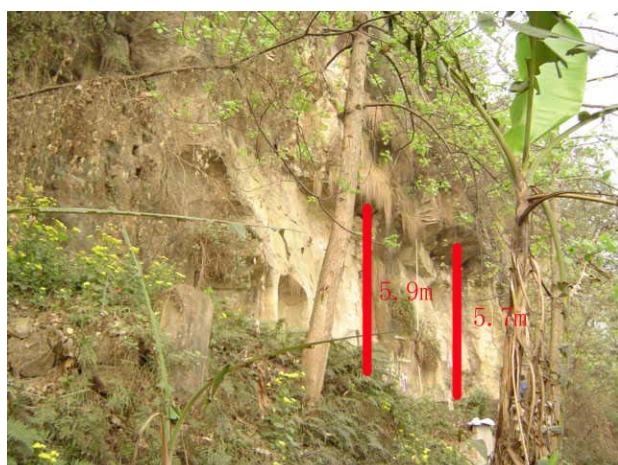


照片 16 W₃段 ⑪[#]悬梁危岩体

是凹腔深度不大，约 2~3m，高度 5.7~5.9m，但上部陡崖悬空部分岩层高度 15~16m，由重力引起沿直立斜坡的剪切力较大，即 $\Sigma=G\sin\alpha$ ，剪切力与重力和坡度角的正弦成正比。因此，易引起外倾卸荷裂隙产生，形成巴壳式危岩体。



照片 17 W₃段 ⑫[#]凹腔危岩体



照片 18 W₃段 ⑬[#]、⑭[#]凹腔危岩体

b、稳定性评价

凹腔顶部有少量掉块，悬空陡崖高度 14.0m，宽 2.3m，单宽体积 16.3m³，重力达 44.5 吨，在风化条件下，易形成重力卸荷裂隙。属潜在不稳定危岩体。

c、治理方案建议

采用钢筋混凝土柱对凹腔岩进行支衬，克服重力，降低危岩体产生的危险性。

（四）W₄危岩段

1、危岩段特征

位于李子坝西端转折部位，陡崖呈圆弧形展露，长约 70m，危岩临空面高度大，约 20m，以外倾式裂隙为主，产状 $20^{\circ} \angle 70^{\circ} \sim 74^{\circ}$ ，裂隙面长者达 19.0m，产生块状式危岩体，上部因风化或生物侵蚀，沿肩部或边部形成折字形次级拉张裂缝，产生次极危岩块，镶嵌于危岩体之上，望而生畏，不寒而慄。经测绘，有 ⑬、⑭、⑰号 3 个危岩体。

2. 危岩体特征

(1) ⑬号危岩体 (W₄-⑬)

a、危岩体特征

见照片 19、20 和附图册图 3-14，顺序号 20 ⑬号危岩体剖面图、立面图。危岩体为外倾裂隙引起的块状危岩体，断面形状任意三角形，近肩部及下部薄，中部厚。顶面高程 389m，崖脚高程 369m，高 20m。岩块走向长 29m，立面形状上部梯形，下部矩形。梯形腰部发育折字形拉张裂缝，切割危岩块。裂缝斜长 19m，贯通长 29m，宽 4~7cm，产状 $20^{\circ} \angle 74^{\circ}$ ，泥质树根充填。崖脚与泥质角砾岩接触，局部虚脱。



照片 19 W₄段 ⑬号危岩体断面



照片 20 W₄段 ⑬号危岩体正面

b、稳定性评价

按前述公式定量计算 $K_s = \frac{262.2}{721.6} = 0.36$ 。是稳定安全系数 $K_s = 1.35$ 的 27%，属不稳定岩体，加之上部有破碎的次级危岩块，更增加了该危岩体的危险性。顶部较小块石采取清除排危法处理。

采用灌浆锚杆支护处理，清理裂缝中杂草树根、水泥砂浆封填。

(2) ⑩号危岩体 (W₄-⑩)

a、危岩体特征

位于⑬号危岩体西侧，见照片 21 和附图册图 3-15，顺序号 ⑪、⑩号危岩体部面图、立面图。岩体高 19m，宽 9.5m，断面上发育有两条外倾张性裂缝，产状 $20^\circ \angle 71^\circ$ ，分别宽 19~20cm，3~4cm。近崖脚边部有近于直立式外倾裂缝，3~4cm，缝中碎石、泥质和少量树根充填，沿倾向上部未贯穿岩体，沿走向贯通长度无法探明。岩体断面形状为一上小下大的近直角三角形。



照片 21 W₄段 ⑩号危岩体断面

b、稳定性评价

危岩块有外倾裂缝，未形成剪出口，底座稳固，不产生滑移。以最里边裂缝为边界，裂缝垂高 15m，底宽 6.5m，重力沿水平方向分力，水平重力产生的垂直裂面压力，

不足以使岩体倾倒，故该危岩体属稳定体。对边部近于直立裂缝岩块，有可能在底部发生剪出口，而产生滑移倾倒，属潜在不稳定岩体，应采取必要措施加固。

c、治理方案建议

清理上部危石，对岩脚近 6.5m 高，宽 9.5m 岩体进行少量灌浆锚杆支护处理。

(3) ⑰号危岩体（W₄—⑰）

见照片 22 和图 2 岩体剖面示意图，位于 16 危岩体西侧，为人工开采形成的石堂子，整个岩体南、西面皆为人为切割直立岩壁，整个岩体有外倾裂缝，产状 170°∠76°，宽 2~3cm，无充填物，有向南倾倒趋势。高 12.20m。属潜在危岩体。崖根为一负地形，即使倾倒，对人的生命财产安全不造成威胁。因此，对此危岩暂不考虑治理。



照片 22 W₄段⑰号人为切割直立式危岩体

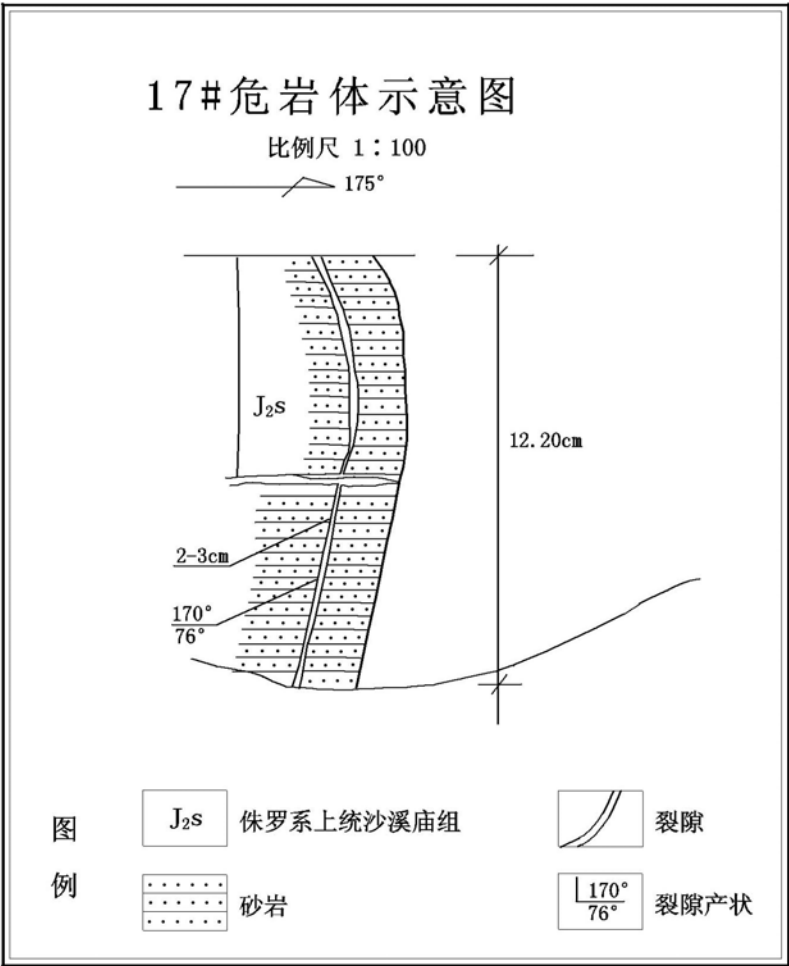


图 2 W₄段①⑦*危岩体示意图

(五) W₅危岩段 (W₅-⑬)

位于饶钵顶西侧一段岩质边坡，临空面最小高度 10m，最大 19m，近原农机修配厂一段为自然式凹腔岩，长 55m，凹腔内为犬舍。见照片 23 和附图册图 2-5，顺序号 6，重庆市李子坝危岩 V—V' 勘探线剖面图，整段岩体完整性好，无外倾裂隙和巴壳式危岩体。经本次勘测在陡崖肩部，由农机修配厂修建的一段条

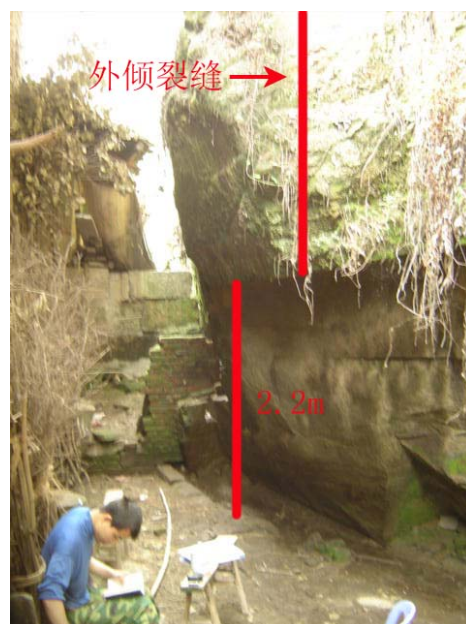


照片 23 W₅危岩段凹腔及危险条石挡墙

石挡墙，一是靠边，二是挡墙发生外倾，成为危险建筑。其上部边缘 2.0m 宽防水护面灰浆地面和排水沟已破碎，失去了防排水作用，上部圈椅状斜坡带为一滑坡型地貌，暴雨季、地表及地下水，对挡土墙充水作用强烈，加之挡墙与岩体接触面为虚脱面，因此，条石挡墙易冲毁发生倾倒的危险，可能导致小型滑坡。危险段长 55m，高 2.6m。建议处治方法，撤、除原条石挡墙，重新修建。开挖排水沟 60m，水泥砂浆护面 120m²。

(六) W₆危岩段 (W₆-⑲、⑳)

位于地质测绘区马掌形岩质边坡段，长 380m，临空面最小高度 12.0m。最大高度青羊洞 17.0m。经本次地质测绘，整体看，全段边坡岩体完整，无外倾裂隙和巴壳式危岩体。仅在饶钵顶一侧胡老大房后发生外倾式裂隙，产状 200°∠80°，见照片 24 和附图册图 3-16，顺序号 ⑳、⑲ 号危岩体剖面图，危岩体高 4.0m，宽 4.0m，厚 1.0m，下部有 2.20m 高凹腔，离居民房后墙 3.0m，可能发生倾倒式崩塌。治理措施，钢筋混凝土柱支衬，水泥砂浆填封缝隙。该段危



照片 24 W₆段⑲*危岩体

岩上部，乡村公路外侧，有长约 25m 外倾条石挡墙，见照片 25，为一危险建筑，挡墙外侧基础紧靠岩体边缘，其下为居民房舍。内侧为乡村水泥路面乡村公路，靠墙一侧公路无排水沟，时有车辆、行人来往，在暴雨及车辆振动作用下，形成倾倒型自然灾害体，易翻倒，直接威胁陡崖下居民生命财产安全。治理措施，全部撤除原挡墙，重新设计挡墙，使基础位远离临空面，进行重建。并恢复乡村公路 25m。墙侧设置排水沟。



照片 25 W₆段 ⑩*危险挡墙

第四章 危岩体整体分析评价

第一节 危岩体总述

经本次工程地质勘察，危岩灾害体主要分布于旭阳镇街道南侧一段岩质边坡段，查明巴壳式不稳定、潜在不稳定危岩体 6 处，构造裂隙成因楔形、三棱柱形不稳定危岩体 3 处。人类工程活动遗留墙式柱状式潜在不稳定危岩体 2 处，凹腔悬梁式不稳定、潜在不稳定危岩体 7 处。柱状危岩体 1 处，计查明危岩体 19 处。查明危险性大外倾条石挡墙 2 处，共计 21 处。危岩体成因，形态及其稳定性见表 4-1，李子坝危岩统计表。

从表中明显看出，除 2 处危险条石挡墙外，19 处危岩体，经过稳定性评价，稳定危岩体为③号，但其上部有危石需排除。不稳定危岩体，有②、④、⑤、⑦上部、⑧、⑨、⑩、⑪、⑬、⑰10 处。有⑥、⑦下部、⑫、⑬、⑭、⑯、⑰7 个潜在不稳定及一个①极限稳定状态危岩体。

表 4-1 二 佛 岩 危 岩 统 计 表

危岩 段号	危岩体 编号	成 因	形 态	危岩体 破坏形式	安全稳 定系数	稳 定 性 评 价
W ₁	①	自重卸荷	巴壳式	坠落	1.24	自重+饱水，极限稳定状态
	②	自重卸荷	巴壳式	滑塌	0.998	自重+饱水，不稳定
	③	人类切割 构造裂隙	柱状式			稳定，顶部有不稳定危石
W ₂	④	构造裂隙 切割	楔形体	滑塌、翻滚	0.451	自重+饱水，不稳定
	⑤	构造裂隙 切割	三棱柱形体	滑塌、翻滚	0.30	自重+饱水，不稳定
	⑥	人类采石 切割遗留体	墙式条形体	倾倒		自重+饱水，潜在不稳定
	⑦(上部)	自重卸荷	巴壳式	坠落、翻滚	0.82	自重+饱水，不稳定
	⑦(下部)	人类工程活动 佛龕凹腔	悬梁式	坠落、翻滚		自重+饱水，潜在不稳定
	⑧	自重卸荷	巴壳式	坠落、翻滚	0.875	自重+饱水，不稳定
W ₃	⑨	人类工程活动 佛龕凹腔	悬梁式	坠落、翻滚	0.278	自重+饱水，不稳定
	⑩	人类工程活动 佛龕凹腔	悬梁式	坠落、翻滚	0.287	自重+饱水，不稳定
	⑪	人类工程活动 佛龕凹腔	悬梁式	坠落、翻滚	0.30	自重+饱水，不稳定
	⑫	人类工程活动 佛龕凹腔	悬梁式	坠落、翻滚		自重+饱水，潜在不稳定
	⑬	人类工程活动 佛龕凹腔	悬梁式	坠落、翻滚		自重+饱水，潜在不稳定
	⑭	人类工程活动 佛龕凹腔	悬梁式	坠落、翻滚		自重+饱水，潜在不稳定
W ₄	⑮	自重卸荷	巴壳式	崩塌	0.36	自重+饱水，不稳定
	⑯	自重卸荷	巴壳式	倾倒、翻滚		自重+饱水，潜在不稳定
	⑰	人类工程活动 切割	柱状式	倾倒		自重+饱水，潜在不稳定
W ₅	⑱	滑坡引起危险 条石挡墙		倾倒		振动+饱水，潜在不稳定体
W ₆	⑲	自重卸荷	楔形式	坠落	0.66	自重+饱水，不稳定
	⑳	振动+水引起 危险条石挡墙		倾倒		振动+饱水，潜在不稳定

根据勘察结果，巴壳式危岩体位临陡崖高处，崩塌、滑塌、坠落翻滚，各种破坏形式，危害强度大，影响范围宽，是危险性最大的危岩体。悬梁式危岩体，位居陡崖下部，变形破坏形式坠落、翻滚，危害强度及影响范围次之，属危险性较大危岩体。其余潜在式危岩体属危险性大危岩体。⑱、⑳两道挡墙，属危险性较大危险建筑。

第二节 危岩体成因分析

一、风化程度加深导致危岩体形成

李子坝岩质边坡临空面为陡峭而高的悬崖，为其变形破坏创造了条件。物理化学风化作用和生物风化作用使边坡岩体裂隙度宽，粘聚力降低局部稳定性变差，促使边坡变形破坏。致使边坡岩体应力改变，应力在达到新的平衡过程中，临空面岩体自身应力释放作用加强，产生外倾式卸荷裂隙，形成巴壳式危岩体，前述①、②、⑦（上部）、⑧、⑮、⑯号 6 个危岩体皆属此成因所形成。

二、人类活动导致危岩体形成

李子坝岩质边坡是尚好建筑石材，因就地取材方便经济，导致人为采石切割形成直立或斜坡式崖面，并残留危岩体。或形成凹腔，使岩体临空面增加，促使风化作用加剧。古人利用天然直立岩质边坡，镌刻佛龛佛像，一是改变了岩体应力平衡状态，二是暴露面增加，下部软弱结构面的坍落，导致悬梁式危岩体形成。本次调查，查明的③、⑥、⑦（下部）、⑨、⑩、⑪、⑫、⑬、⑭、⑰等 10 个危岩体皆与人类的工程活动密切相关。

三、构造破坏作用残留危岩体

前述④、⑤号危岩体产于一组 X 剪裂面间，因构造裂隙切割，整体岩块遭风化剥蚀或崩塌，残留岩体于原地，形成至今所见的锯齿状危岩体。

四、水的作用触发边坡的不稳定

李子坝陡岩上部虽有残积型粘土及砂质泥岩透隔水层存在，但在雨季（尤其是暴雨），大气降水使粘土层含水量饱和，则地下水沿其斜坡向坡肩排泄，沿坡肩裂隙下渗或沿坡面自流排泄，一是增加了岩土体水下容重，二是水的软化及泥化作用，三是增加了裂隙中动水压力，因此，使岩体抗剪强度大大降低，促使岩体滑动或倒塌。

第三节 边坡岩土体物理力学参数及分析评价

本次工程地质测绘，在不同的探槽中，采用洛阳铲取土样 3 件，在不同危岩体裂隙部位人工采岩石样（30×10×10cm）7 件，送成都综合岩矿测试中心进行岩土力学试验。其结果见附件。

岩土体物理力学参数评价：

（一）粉质粘土 I_p 、 I_L 特征

从试验结果看，土的塑性指数 I_p 为 10.4、16.1、13.4。 $10 < I_p \leq 17$ ，说明为粉质粘土，处于可塑状态的含水量变化范围中等。 I_L 分别为 0.31、0.32、0.32。为可塑状态液限值。塑性、液性指数值，明显说明上限含水量超过 30%以上时，粉质粘土易成为流塑状态。即在雨季或暴雨时，陡崖上伏粘土易于达到饱和状态，地下水顺其斜坡带向边坡肩部排泄，触发危岩体的崩塌。

（二）危岩体天然重度、抗压强度及 C 、 Φ 、 σ τ 特征

5 件岩样天然重度范围为 27.1~27.4KN/m³，平均 27.24 KN/m³。天然抗压强度 R （Mpa）范围为 1.60~2.60Mpa，平均 1.99Mpa。说明岩体在风化部位属极软岩石类。

岩块 C （Mpa）值，0.19~0.23Mpa，平均 0.23Mpa，说明岩块本身粘聚力较低。前述裂隙粘聚力取值 0.09Mpa，为岩块粘聚力的 39%，说明取值具有一定的合理性。

岩块 Φ （°）值，38.57°~40.38°，平均 39°43'，岩质边坡角远大于岩体内摩擦角，易于形成危岩体。前述危岩体等效内摩擦角取值 35°42'，小于平均值 39°43'×0.9=35°44'，说明取值合理。

岩块 σ τ （Mpa），0.10、0.12，平均 0.11Mpa，说明风化部位岩体受拉力强度极弱，重力作用下，易剪断形成危岩体。

綜上述，从岩土体物理力学参数分析，此次地质测绘所确定的危岩体抵抗自然因素变化的能力差，特别是雨季，易造成危岩体的崩塌。

第五章 危岩治理方案及防治措施建议

根据前述危岩段、危岩体的特征，提出以下几种治理方案：

一、治理方案

方案一：排危、排水、灌浆锚杆支护与修建落石槽拦挡墙结合治理方案

对W1 危岩段，精神病院围墙内开挖排水沟排水，对①②号危岩体进行灌浆锚杆回固，排除③号危岩体危石。W₂危岩段④⑤⑥⑦⑧危岩体采用前述方法治理，W₃、W₄危岩段，岩脚修筑挡土墙 320m，设置落石槽，W₂、W₃、W₄危岩段上部开挖排水沟。⑬、⑭号危险挡墙撤除重建，挡墙内侧开挖排水沟，水泥砂浆护面。⑮号危岩体支衬处理。

方案二：按前述各危岩体具体治理方案进行。且在危岩体上部视具体地形开挖排

水沟排水。

二、治理方案比选

两个方案比选，方案二比方案一简单，针对具体危岩体治理后，边坡稳定性加强，使人放心。但铰钵顶上部常有人类工程活动，掉土石现象时有发生，仍对下居民有一定威胁。两个方案比较，方案二比方案一工程量小，但治理不彻底，因此，建议采用方案一治理方案，李子坝危岩将达到彻底治理目的。

三、危岩崩塌的监测防治

在未对前述危岩体进行具体治理前，或在治理过程中，应加强对危岩体的监测，具体措施如下：

1. 在前述危岩体地段，设置醒目的危岩体标志，提请过往行人或居民住户引起高度重视，特别是暴雨季，密切注意危岩体的变化。
2. 对巴壳式危岩体，落实专人监测，在裂缝处，贴水泥砂浆片，对裂缝变化进行不定期简易观测，记录变化情况，以便作出险情预报。

第六章 结论与建议

一、结论

1. 经过本次对李子坝危岩的工程地质勘查，查明危岩体 19 处，危险建筑 2 处。共计灾害体 21 处。其中不稳定危岩体 10 处，潜在不稳定危岩体 7 处，极限稳定状态危岩体 1 处，稳定危岩体 1 处，外倾式危险条石挡墙 2 处。
2. 危岩体成因类型大致有自然风化作用、人类工程活动和构造作用三类。
3. 工程治理方案，推荐选择方案一。

二、建议

建议上级机关尽快对勘查报告进行审查。根据危岩初步治理方案，落实资金，对李子坝危岩实施治理，确保人民生命财产安全。