

目 录

1 前言..... 1

1.1 规划工作情况..... 1

1.2 调（勘）查的必要性..... 1

1.3 任务来源..... 1

1.4 调（勘）查目的任务..... 1

1.5 调（勘）查的设计情况 2

1.6 调（勘）查手段及方法 2

1.7 勘查完成情况及主要工作量 2

2 xx 自然地理地质环境..... 2

2.1 地理位置及行政区划..... 2

2.2 气象与水文..... 2

2.3 地形地貌..... 3

2.4 地层岩性..... 3

2.5 地质构造与地震..... 5

2.6 水文地质条件..... 5

2.7 地质灾害与不良地质现象 6

2.8 人类工程活动..... 6

3 滑坡、泥石流规划调（勘）成果分述 6

3.1 港航砖厂滑坡..... 6

3.2 乌龟包滑坡..... 12

3.3 茶土坡滑坡 17

3.4 严家坡滑坡 23

3.5 郭家二社滑坡..... 34

3.6 安渡滑坡..... 40

3.7 芝麻田滑坡..... 47

3.8 两河口滑坡..... 52

3.9 李家大沟泥石流..... 57

3.10 陈家沟滑坡群..... 66

3.11 铁合金厂滑坡..... 74

3.12 瓦子坪滑坡..... 81

3.13 刘家包滑坡..... 87

3.14 陈家包滑坡 92

3.15 水田坝滑坡 97

3.16 老屋里滑坡..... 107

3.17 车家坝滑坡 112

4 xx 滑坡、泥石流规划调（勘）查成果综述 116

4.1 xx 滑坡、泥石流发育规律及复活机制分析 116

4.2 xx 滑坡、泥石流规划调（勘）查成果汇总 117

5 结语..... 118

5.1 主要成果 118

5.2 主要结论 119

5.3 存在问题与下一步工作建议..... 119

附：

- 1. xxxx 三期地质灾害防治规划调（勘）查图册
- 2. xxxx 三期地质灾害防治规划调（勘）查物探报告

1 前言

1.1 规划工作情况

长江 xx 自然地质条件复杂，地质环境容量有限，暴雨、洪水频繁，是我国地质灾害的多发区和重灾区。xx 大坝的兴建和百万移民工程，在一定程度上改变了原有地质环境的平衡状态，加剧了地质灾害的发生。随着 xx 工程建设的不断推进，库区地质灾害对 xx 工程和库区人民生命财产安全的影响日益增加，及时有效地防治库区地质灾害已成为 xx 工程建设的重要任务之一。

xx 工程库区地质灾害的类型主要是滑坡和崩塌（含危岩体，以下简称崩滑体），库区两岸已查出 3337 处，其中前缘在 175m 水位以下的崩滑体约 1500 处。在库水作用下，已有崩滑体稳定性将有不同程度下降，同时也将产生大批老崩滑体的复活，部分库岸的稳定性也受到严重的影响，将产生新的崩滑体和塌岸，有可能造成严重灾害。约 1800 处分布在移民迁建区，绝大多数为移民工程新产生的崩塌滑坡。

xx 地质灾害严重，直接影响到 xx 工程下闸蓄水和正常运行，国务院领导对此十分重视。根据国务院的有关指示，在前期规划的基础上，于 2001 年 10 月编制完成了《xx 地质灾害防治总体规划》，对 xx 地质灾害防治进行了全面规划。2002 年，国务院批准了《xx 地质灾害防治总体规划》。《总体规划》结合水库分期蓄水进行了分期部署，将 xx 地质灾害防治分为近期、中期、远期，进行分期防治。

为了明确规划与蓄水的关系，将《总体规划》中现已经实施的近期规划称为二期地质灾害防治规划，对涉及 2007 年 10 月三期蓄水（坝前水位 156m）和 2009 年四期蓄水（坝前水位 175m）必须防治的中期规划，称之为三期地质灾害防治规划（简称三期规划）。本次调（勘）查工作正是为编制 xx 三期地质灾害防治规划提供真实、准确的地质资料。

1.2 调（勘）查的必要性

地质灾害防治规划工作十分复杂，技术要求高，不确定因素多，地下未知数多。特别是大规模的人类工程活动和 xx 水库二期蓄水后，坝前水位 135m 以上的地质灾害体的变形范围、规模、稳定状态及危害程度等会发生变化，仅凭地面工作，不能较为准确地知道滑坡的厚度和力学参数。必须进行钻探、物探等勘查工作，才能概算它的体积；必须通过一些基础性力学试验，方能计算评价它的稳定性，估算防治工程量和防治工程所需费用。因此，地质灾害防治规

划的编制必须进行规划阶段的地质灾害调（勘）工作，避免所编制的规划在对防治对象的确定、防治方法的选择和投资估算上的盲目性，进而防止因对地质灾害防治失误造成重大损失。

1.3 任务来源

二期蓄水于 2003 年 6 月上旬已经完成，坝前水位已经达到了 135m，二期规划的防治工程正在抓紧实施并即将完成。三期地质灾害防治规划的编制已成当务之急。

2003 年 5 月 27 日，国务院副总理曾培炎指出：“全面规划好 135 米水位线以上库区的移民迁建、地质灾害防治等工作。”2003 年 2 月 27 日 xx 地质灾害防治工作领导小组第四次会议纪要中指出：“在完成好当前各项治理工程的前提下，提前安排 135 米蓄水后的地质灾害防治规划编制工作是非常必要的。要求认真总结上期规划的经验，统一组织，抓好前期，精心编制下期地质灾害防治规划。”

根据上述指示，2003 年 7 月，xx 地质灾害防治工作领导小组办公室主持编制了《xx 三期地质灾害防治规划编制大纲和编制工作安排》，并于 2003 年 8 月提交“xx 地质灾害防治工作领导小组第十一次联络员会议”审议，经领导小组组长批准后开始实施。

xx 地质灾害防治工程项目（三期）规划阶段调（勘）查 [以下简称规划阶段调（勘）查]，是做好 xx 地质灾害防治工程项目（三期）规划的技术保证。为了做好规划阶段调（勘）查工作，xx 库期地质灾害防治工作指挥部于 2003 年 9 月 29 日、10 月 23 日将 xx17 处（其中 3 处已经勘查）地质灾害规划阶段调（勘）查工作任务委托四川省华地建设工程有限责任公司承担。

1.4 调（勘）查目的任务

1.4.1 调（勘）查的目的

通过对规划防治的地质灾害进行调（勘）查工作，使其位置与规模具体准确，防治对策方案恰当，防治费用估算合理，为 xx 三期地质灾害防治规划提供地质调（勘）查依据，以期达到较好的社会、经济、环境效益。

1.4.2 调（勘）查的任务

在专家组现场踏勘对崩滑体进行初步评价的基础上，对拟规划工程治理的崩滑体进行调（勘）查，完成以下任务：

（1）对拟规划为工程治理的崩滑体及泥石流进行灾害地质调查；初步调（勘）查评价崩塌、滑坡、泥石流的地质环境、规模、结构、稳定性、主控因素、诱发因素以及可能成灾范围与该范围内的主要实物指标；

- (2) 对地质灾害的危险性、危害性和防治的必要性作出基本评价；
- (3) 进行搬迁和工程治理的经费初步估算和搬迁与工程治理两方案的比选，提出防治对策和防治方案意向性意见，提出纳入防治规划建议；
- (4) 提交调（勘）查报告，为防治规划编制提供地质依据。

1.5 调（勘）查的设计情况

- 1、编制依据
 - (1) xx 地质灾害防治规划阶段调（勘）查委托书，国地防指[2003]合规 25 号；
 - (2) 《xx 三期地质灾害防治规划调（勘）查设计相关资料及要求》；
 - (3) 《xx 崩塌滑坡与塌岸地质灾害防治工作地质勘查技术要求（试行）》；
- 2、编制单位

编制单位为具有国土资源部颁发地质灾害勘查甲级资质的《四川省华地建设工程有限责任公司》，曾在 xx 承担过近 30 处地质灾害勘查设计治理项目。
- 3、编制过程

2003 年 9 月 29 日接到任务后，我公司领导高度重视，立即组织技术人员赴 xx 对地质灾害体进行现场踏勘，并全面收集前人工作资料，同时组织技术人员认真学习相关技术要求。尔后，在综合分析研究前人资料的基础上，于 10 月 9 日按委托书和相关技术要求编制完成了 xx 三期地质灾害防治规划阶段调（勘）查设计书。10 月 11 日—10 月 13 日设计书通过专家审查。

1.6 调（勘）查手段及方法

滑坡地质灾害主要采用工程地质测绘、测量、钻探、槽探、探井、电测深物探解译相结合的方法，泥石流灾害除在物源区布置可能的勘查手段外，主要采用地面调查方法。

1.7 勘查完成情况及主要工作量

经过前期准备，我公司于 10 月 18 日起对 xx 港航砖厂等 14 处地质灾害进行规划阶段调（勘）查野外工作，11 月 28 日完成防治规划调（勘）查报告。

本次规划调（勘）查完成了 14 个地质灾害点的调（勘）查任务，实际材料图，剖面图全部合格。工程地质测绘各类点 299 个，合格率 100%，其中 118 个优良，占 39%；共施工了 47 个钻孔，合格率 100%，其中优良孔 18 个，占 38%；探井 14 个，全部合格；槽探 125 个，合格率 100%，少数达到优良；电测深剖面 32 条，剖面测量 38 条，点位测量 374 个，全部合格。主要完成工作量见表 1-1。

2003 年 11 月 29 日至 12 月 3 日由 **xx 三期地质灾害防治规划勘查领导小组办公室**在湖北省宜昌市组织专家通过了对本报告进行的审查。项目组根据专家提出的意见对本报告进行了逐条修改、补充、完善。采用了新版本的计算软件对各滑坡的稳定系数与下滑推力进行了验算，其结果与定性的判别的结果接近一致。

表 1-1 自然地理地质环境

1.8 地理位置及行政区划

xx 地处 xx 水库腹地，东邻巫山，西接云阳，北连巫溪，南与湖北省接壤。地理坐标：东经 109°01'17"~109°45'58"，北纬 30°29'19"~31°22'23"，辖区东西宽 71.4km，南北长 97.7km，幅员面积 4099km²。全县有 10 个派出机构和 1 个县辖镇(永安镇)，81 个乡镇，总人口 109 万，其中城镇人口约占 10%。县境内陆路主干公路骨架基本形成，有主干公路（渝巴路、奉巫公路、奉恩公路）过境，硬化路面达 200km。县政府所在地与各区公所有主要公路相连，目前江北沿江大道贯穿全城，路面高程 182~210m；江南沿江大道是江南片区的城市主要干道和对外交通要道（图 2-1）。长江两岸可通过沿江大道、水上运输以及奉节长江大桥（施工中）与外界联系。

水路交通比较发达，上距万州区 119km、重庆市 446km，下距 xx 工程坝址 156km、宜昌市 202km，每天客货运输繁忙。新城航运设施中主要的沿江码头布置在白马小区，客货两用码头布置在头道河、三马山、茶店和宝塔坪小区。

全县国民生产总值 20.49 亿元（1999 年末），人均实现国内生产总值 2063 元；在岗职工年平均工资为 5330 元，农民人均纯收入 1225 元。

奉节脐橙闻名中外，远销东南亚，不仅色香味俱全，而且口感好，具有丰富的营养价值。xx 旅游资源得天独厚，拥有长江 xx 之首的夔门，三国文化遗迹白帝城；近年发现的天坑地缝绝世奇观，九盘河探险漂流富有刺激，龙桥河的葱茏景色让你留连往返，石笋河的千姿百态让你感到妙趣横生；此县已成为中外游客必游之地。

1.9 气象与水文

xx 属中纬度亚热带暖湿东南季风气候区，具气候温和湿润、雨量丰沛、四季分明、夏秋多雨、冬春多雾的特点。长江横贯中部，形成南北高、中部低的地势，它对全县气象起着明显的制约作用。长江河谷和低山区的多年平均气温 16.4℃，一月份平均气温 5.1℃，七月份平均气温 27.5℃，极端最高气温 43℃（1994.8.13），极端最低气温-9.2℃；长江两侧山区的气温较河谷区气温低 7~10℃，河谷很少下雪，高中山区冬春季常有降雪。

全年雨量丰沛，多年平均降雨量由川鄂交界处约 2000~2100mm 及北部边缘的 1500~1600mm 向长江河谷渐低为 1100mm 左右，多年平均降雨量 1147.9mm，年最大降雨量 1635.2mm（1963），最小为 721.6mm，月最大降雨量 548.4mm，日最大降雨量 141.3mm（1998 年 6 月 1 日，降雨引发全县许多地区地质灾害），降雨多集中于 5~9 月，约占全年降雨量 70%，12 月至翌年 2 月降雨较少。

图 2-1 奉节县交通位置图

全县境内河流均属长江水系，分属两大支流，即长江干流及支流。主要河流有长江、大溪河、石笋河、草堂河、朱衣河等，连同流域面积大于 50km² 的河流共 17 条。

目前 xx 水库坝前蓄水位已达 135m（2003.6.15），新县城水位达 146.7m，库区的水文条件正在发生变化，到 2009 年 8 月 xx 大坝建成后，坝前水位 175m，该段库水位达 175.4m。

1.10 地形地貌

xx 地处四川省盆地东部边缘，大巴山前缘和鄂西山地的接壤地带，其地形地貌特征受区域地质构造和岩性的控制，主要山脉走向与构造线一致。齐耀山以北的山脉走向呈近东西向展布；齐耀山及其以南的山脉走向呈北东—南西展布。碳酸盐岩分布区岩溶发育，形成岭脊状及台原状的岩溶中山；砂岩、泥页岩分布区，多形成低山及低中山。河流穿过碳酸盐岩层时多形成深切峡谷，而穿切砂岩、泥岩时，则形成较宽坦的河谷。

（1）溶蚀地貌：主要分布于竹园以北、齐耀山背斜及刘家田背斜轴线延长线，以及东南的庙湾、三角坝、龙桥等地。峰顶高程 1000~2000m，峰丛基座相连，溶峰呈园状、笔状或园锥状，相对高度 50~150m，大洼地中套有小洼地。峰丛垭部和洼地中有漏斗、落水洞迭加，呈串珠状排列。

（2）溶蚀侵蚀地貌：主要分布在中部地区，甲高—江南—奉节、草堂、朱衣一带，呈丫状分布，山脊高程为 500~900m，个别山峰达 1028m，有河流形成格子状水系，主干河流纵坡较缓，支流纵坡较陡，横断面多呈“V”形，相对切割深度 200~500m。

（3）构造剥蚀地貌：主要分布在 xx 城以西的渠马河向斜、故陵向斜及巫山向斜西段，山顶高程 1000~1400m，单斜山山脊延伸方向与岩层走向一致；纵横向沟谷发育，形成格子状水系，相对切割深度 300~800m。

（4）剥蚀侵蚀地貌：主要分布在 xx 北部竹园坪、大树、黄村等地，由于横向河流深切，树叶状水系发育，强烈侵蚀切割形成枝状岭脊中山，山顶高程一般为 1000~1300m。河流纵坡陡，跌坎多，相对切割深度 400~1000m。

（5）溶蚀堆积地貌：零星分布于长江及其主要支流河谷。

（6）河谷地貌：长江是最低侵蚀基准面，其对支流河谷的发育起着一定的控制作用，长期的间歇性上升，河流强烈侵蚀下切形成纵坡降较大的深切河谷。

由于朱衣河、梅溪河与长江共同作用的结果，河谷相对开阔，河曲、阶地与漫滩均十分发育，岸坡具明显层状地貌特征。

长江 I 级阶地为内迭阶地，朱衣河 I 级阶地为侵蚀阶地。阶地台面长 500~3000m，宽 100~250m，台面高程 120~135m，阶地前缘与河漫滩呈陡坎或斜坡相连，主要分布于长江北岸的十里铺—旧县城、宝塔坪、长江南岸李家坝—永乐镇小学—铜桥等地。

长江 II、III 级阶地台面因后期改造，多已形成向长江倾斜的斜坡地形，坡角约 15°左右，可见台面长 150~300m，宽 100~200m。II 级阶地台面高程 145~175m，与 I 级阶地呈斜坡或陡坎相接；III 级阶地台面高程 180~200m，不具明显的沉积特征。堆积物厚度 10~40m，局部深槽部位可达 50m 以上；主要分布于宝塔坪、头道沟、桂花井—白衣庵等地带。长江 IV 级及 IV 级以上阶地均分布于高程 200m 以上，现已多残缺不全。

1.11 地层岩性

xx 境内出露均为沉积岩层，无岩浆岩、变质岩，从志留系至第四系均有分布。齐耀山以东以古生界及中下三叠系为主，局部有上三叠系及侏罗系分布；东北边缘出露有小片二叠系，其余均为侏罗系红层覆盖。中生界分布面积占全县面积的 90% 以上，其中碳酸盐岩和碎屑岩类岩石分布面积各占约 50%。

（1）第四系：岩性为粘性土、粉土、砂土和块碎石土等组成，成因类型较多，有河流堆积、残坡积、崩坡积、滑坡堆积、泥石流堆积、人工堆积等，厚 0~40m，主要分布于斜坡、台地、沟口和江河阶地。

①人工堆积（Q₄^{ml}）：一般厚 2~15m，最厚达 50~65m，碎块石土、碎屑土夹砾质土及生活垃圾。主要为工程弃土，块径大小不一，成份混杂，结构松散，分布于沿江公路、冲沟中及建筑施工场地周围。

②冲积层（Q₄^{al}）：厚 1~20m 左右，以粉砂、细砂、卵砾石为主，结构松散；卵石呈浑圆状，成份以砂岩、灰岩为主，粒径大小一般 3~50cm。在朱衣河、梅溪河河床、漫滩部位以卵石为主，长江河床、漫滩以粉砂、细砂为主。

③冲洪积层 (Q_4^{apl}): 厚度不一, 一般在 10~40m, 最大可达 63m 以上。冲沟及沟口为漂石、卵砾石等。阶地上部为粉质粘土、粉细砂、细砂, 下部为卵砾石层。漂石、卵砾石成份复杂, 主要为砂岩、粉砂岩、砾岩等, 一般呈磨园状, 漂石大小一般 0.5~1.0m, 卵石大小 3~15cm。主要分布于长江两岸的阶地部位、朱衣河左岸及梅溪河口等地。朱衣河阶地二元结构明显; 长江阶地二元结构不甚清楚, 以粉质粘土为主。

④残坡积层 (Q^{el+dl}): 一般厚 5~25m 左右, 最大厚度可达 49m 以上, 含碎石质粘土、岩屑碎石土夹碎块石。上部结构较松散一稍密, 下部结构中密。其碎石、块石成份主要为泥岩、泥灰岩、粉砂岩, 一般呈次棱角状及棱角状; 碎石大小一般 5~20cm, 块石大小一般 0.3~1.5m, 主要呈片状、块状分布于区内缓坡上。

⑤崩塌堆积体 (Q^{col}): 一般厚 5~20m, 最厚可达 55m 以上, 岩块碎石夹岩屑碎石土, 成份主要为泥灰岩、粉砂岩及泥岩, 块径较大, 一般 1~1.8m, 呈棱角状, 主要零星分布于区内的陡崖、陡坡下, 局部呈架空状。

⑥滑坡堆积体 (Q^{del}): 一般厚 15~40m 左右, 最厚达 55m 以上。松散堆积体滑坡物质以碎块石或块石、碎石夹岩屑土, 局部呈架空状。基岩滑坡存在似基岩体, 一般呈层状, 岩体破碎, 产状紊乱, 成分一般为泥灰岩、泥岩, 块石大小一般为 0.8~1.2m, 呈棱角状, 碎石大小一般 8~20cm, 呈棱角状、次棱角状。主要分布于沟右侧的刘家湾等地。

⑦泥石流堆积体 (Q^{sel}): 一般厚 1~3m, 由碎块石或块石、碎石及砾石和土组成, 其堆积杂乱, 主要堆积于沟道中。

(2) 侏罗系: 主要分布在竹园区、公平区、平皋区南部、朱衣区北部及长江南岸的甲高区和吐祥区局部地段。

①遂宁组 (J_{3s}): 砖红、紫红色、灰紫色薄至中厚层细粒岩屑长石砂岩、岩屑长石石英砂岩、粉砂岩。厚 370~450m。

②蓬莱镇组 (J_{3p}): 灰白色细——中粒长石砂岩, 长石岩屑石英砂岩夹泥岩, 含钙质。厚度>340m。

③上沙溪庙组 (J_{2s}): 紫红色泥岩为主, 夹灰、灰绿色厚层、巨厚层长石石英砂岩。厚 1550~1600m。

④下沙溪庙组 (J_{2xs}): 上部灰、灰紫色厚层细粒长石石英砂岩及紫红色泥岩; 下部以紫红色泥岩、泥质粉砂岩夹灰黄色长石石英砂岩。厚 350~495m。

⑤自流井组 (J_{1-2z}): 灰绿、深灰色泥岩、泥质粉砂岩、页岩; 夹介壳灰岩、煤线等。厚度 140~190m。

⑥珍珠冲组 (J_{1z}): 灰色、灰绿色中—厚层细粒石英砂岩、泥质粉砂岩与粉砂质泥岩、页

岩互层, 含磷铁矿及薄煤层。厚 165~400m。

(3) 三叠系: 主要出露在北部竹园、南部齐耀山背斜、刘家田背斜及庙湾、兴隆等地区。

①须家河组 (T_{3xj}): 灰黄色厚层状长石石英砂岩, 底部有一层厚 2~3m 炭质页岩, 为 xx 主要产煤地层。厚 193~458m。

②巴东组 (T_{2b}): 四分性明显, 层序完整, 一、三段泥质灰岩为主, 二、四段以紫红色泥岩为主。一、三段为灰色, 深灰色中厚层泥质、白云质灰岩为主, 夹灰黑色薄层白云岩。二、四段以紫红色泥岩为主, 夹少量粉砂岩及灰绿色页岩。本层为县境内域分布主要地层, 有不少地质灾害发育于此层或与此层关联。厚 67~1200m。

③嘉陵江组 (T_{1j}): 四分性较明显, 一、三段以灰岩夹白云质灰岩为主, 质硬; 二、四段为浅灰色白云岩、角砾状灰岩及白云质灰岩, 含黑色硬石膏层。厚 750~1041m。

④大冶组 (T_{1d}): 黄灰、浅灰色泥质灰岩夹页岩、灰岩夹白云质灰岩为主。厚 375~771m。

(4) 二迭系: 主要分布于刘家田背斜轴部及兴隆区, 以灰岩为主, 含煤。

①大隆组 (P_{2d})/长兴组 (P_{2c}): 大隆组为黑色板状硅质岩及页岩。长兴组上段为生物碎屑灰岩; 下段为灰色中层、厚层白云岩。厚 36~131m。

②吴家坪组 (P_{2w}): 上部中厚层状灰岩与似层状燧石不等厚互层; 下部黑色炭质页岩, 铝土质页岩; 底部为杂色泥岩。厚 35~120m。

③孤峰组 (P_{1g})/茅口组 (P_{1m}): 孤峰组为黑色板状硅质岩、硅质及炭质页岩, 顶部夹硅质白云岩结核; 中下部夹煤层; 上部以白云岩、硅质白云岩为主。茅口组为浅灰色层、块状生物碎屑灰岩, 下部含泥质夹不规则的黑色页岩; 中、上部含燧石结核。厚 27~35m。

④栖霞组 (P_{1q}): 黑色及深灰色中厚层生物碎屑灰岩, 下部夹炭质、有机质及钙质页岩; 上部夹燧石团块或燧石条带较多。厚 67~100m。

⑤梁山组 (P_{1l}): 底部为水云母胶结的石英砂岩, 中部为砂质、炭质、铝土质页岩及煤层, 上部炭质页岩夹石英粉砂岩。厚 3~11m。

(5) 石炭系: 主要分布于齐耀山以东背斜核部
黄龙组 (C_{2h}): 上部为灰岩、白云质灰岩、白云岩, 下部石英砂岩。厚 23~27m。

(6) 泥盆系: 主要分布于齐耀山以东背斜核部

①写经寺组 (D_{3x}): 灰岩、泥质灰岩、白云岩, 厚 0~56m。

②黄家蹬组 (D_{3h}): 石英砂岩为主, 上部为页岩夹粉砂岩, 厚 0~64m。

③云台观组 (D_{2y}): 厚层状石英砂岩, 厚 0~31m。

(7) 志留系: 主要分布于齐耀山以东背斜核部

①罗惹坪组 (S_{1+2lr}): 上段为灰黄、黄绿色粉砂质页岩及薄层粉砂岩、石英砂岩互层; 下

段为灰黄、灰绿色页岩、粉砂质页岩，顶部及下部夹生物碎屑灰岩透镜体。厚大于 600m。

②龙马溪组（S₁₁）：上部为浅黄、灰绿色粉砂质或水云母页岩夹粉砂岩；下部为灰黑色炭质粉砂质水云母页岩。厚大于 160m。

1.12 地质构造与地震

1. 地质构造

xx 位于大巴山孤与新华夏系的交接复合部位,地质构造较复杂。以城口—青峰断裂为界线,以北为秦岭地槽,以南为扬子准地台,本区则处于扬子准地台之次级构造单元—四川台坳与上扬子台褶带（亦称八面山台褶带）及大巴山台缘褶带二级构造带的交接复合部位（图 2-2）。扬子准地台基底主要由早元古代变质火山—碎屑岩及侵入其间的岩浆岩组成；区内沉积盖层出露齐全，侏罗纪末的燕山运动使盖层产生强烈褶皱，并伴生相应断裂构造，但本区内构造以褶皱为主，断裂较为少见。

图 2-2 奉节地质构造纲要图

褶皱：齐耀山以东构造线均呈 NE 向展布，背斜形态以箱形为主，其间向斜狭窄，组成隔槽式褶皱；齐耀山以西，由北向南构造形迹呈向 NW 凸出的弧形褶皱，其整体展布方向为 NWW~NEE 向，均消失在齐耀山背斜的北西侧，宽阔平缓的屈状向斜与梳状紧闭的背斜相间排列，构成隔档式构造。境内主要褶皱有齐耀山背斜、巫山向斜、朱衣背斜等（见表 2-1）。

断层：xx 境内无区域性大断裂通过，仅于东南侧约 8~12km 处展布一条长约 80km 的齐耀山断裂，它沿齐耀山背斜北段轴部及南段轴部的 SE 侧断续延伸，断裂走向 20~50°，倾向 SE，倾角 50~70°。据重力、地磁等物探资料分析，该断裂为深切盖层的地壳断裂，是上扬子台褶带与四川台坳的分界线。

2. 地震

黔江断裂带位于 xx 境南东，是黔江—兴山地震带的主要发震构造，历史上曾发生三次中强地震（Ms=5.0~6.3、震中烈度 6~7 度），现代微震活动比较频繁，但其震中距县境均在 100km 以上，历次地震对境内均未造成破坏。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（2001 年，1:400 万），地震动峰值加速度为 0.05g，本区地震基本烈度为Ⅵ度。

表 2-1 主要区域褶皱构造特征表

编号	构造名称	展布方向	延伸长度（km）	特 征
1	齐耀山背斜	40~65°	>220	县境内核部地层为下三叠统，长江两岸见有上二叠统，两翼由巴东组、嘉陵江组组成，核部岩层产状平缓，两翼则较陡，为轴面倾向 NW 的箱状褶皱。轴部和南东翼见有逆断层，两翼形成次级褶皱。
2	巫山向斜	45~60°	>110	南西段核部呈屈形，地层为下侏罗统，岩层产状平缓，倾角 5~15°，两翼由三叠系组成，倾角 15~70°；北东段核部渐窄，地层为巴东组，残留须家河组，两翼岩层倾角 18~60°，轴面倾向 NW。
7	故陵向斜	70~90°	83	为万县复向斜的组成部分，向斜轴为向 NW 突出的弧形，县境内近 EW 向为主，核部及两翼由侏罗系、上三叠统组成，核部平缓开阔，而两翼近背斜则急剧变陡，岩层倾角 15~85°。
8	朱衣背斜	70~90°	45	轴部为巴东组，局部见有嘉陵江组上部岩层，上三叠统及中下侏罗统构成两翼，背斜紧闭，NW 翼岩层倾角 15~50°，SE 翼 38~87°，局部倒转；次级褶皱较多。其轴部展布于王家包、施家包、营盘包一线，王家包以西局部为第四系覆盖，于头道河左侧沟口穿越朱衣河；营盘包以东于常家湾斜插入长江。背斜北翼次级和低序次褶曲相当发育，其轴向一般与主体构造呈小角度斜交。新县城一带主要次级褶曲为三马山向斜（杨家梁向斜）。
9	巴务河向斜	80°	>55	见于齐耀山背斜 NW 侧嘉陵江组、巴东组内，轴部向 SE 弧形突出，NW 翼倾角 12~51°，SE 翼 40~68°，其 NW 翼见多组平行排列的次级褶皱。
11	渠马河向斜	70~110°	>170	上侏罗统到上三叠统构成的核部平缓开阔，轴向由 60°转为近 EW 向，呈弯曲的“S”形，由西向东逐渐扬起，岩层倾角 6~19°，两翼岩层倾角较陡为 23~48°。

1.13 水文地质条件

xx 位于大巴山弧、川东褶皱带、川鄂湘黔隆起带的交接复合部位。尤其在江南地区，三叠系下统、二叠系下统灰岩、白云质灰岩，溶洞、漏斗、洼地、落水洞发育，为大气降水，地表水的渗入、地下水的运移、赋存提供了良好的条件和场所，形成了水量较丰富的碳酸盐岩岩溶水。由于灰岩、泥质灰岩中间夹有较多的泥灰岩、页岩或泥岩等非（弱）岩溶化岩层，而使整个区内岩溶发育程度大为降低，溶蚀孔洞、溶缝多沿裂隙及层面溶蚀形成。江北地区碳酸盐岩岩溶水含水层水量贫乏—中等。xx 刘家田背斜以南地区、齐耀山背斜一带及竹园区以北地区地下水类型为碳酸盐岩类岩溶水。中部、中北部及西南部则为碎屑岩类孔隙裂隙水及基岩裂隙水为主。长江是该县最低排泄基准面，南北支流的割切形成深涧峡谷，地形异常破碎，控制了区内地下水的富集、埋藏、迳流、排泄条件和地下水的水质特征。

碎屑岩主要是侏罗系、三叠系上统须家河组和志留系。须家河组为厚层块状砂岩夹砾岩及

薄层煤、页岩。砂岩在成岩及构造变动过程中形成的孔隙、裂隙，以及在外营力作用下裂隙的进一步加宽加深，地下水赋存于孔隙、裂隙中；地貌上多为单斜山，常构成自流斜地。侏罗系中、下统为泥岩、砂岩互层，地下水主要赋存于砂岩裂隙中，当构造上不具自流斜地或构造盆地时，含水岩组中仅赋存一般构造裂隙水。侏罗系上统砂岩、泥岩，产状平缓，风化裂隙发育，地下水主要赋存在风化裂隙中。总体而言，基岩裂隙水含水层水量贫乏。

第四系松散堆积层，岩性复杂，为透水不含水层。

境内地下水水质类型主要为 $\text{HCO}_3\text{—Ca}^{2+}\text{+Mg}^{2+}$ 与 $\text{HCO}_3\text{—Mg}^{2+}$ ，总硬度 13.54~26.77 德国度，矿化度 197.4~380.8mg/l，pH 值=7.4~7.8，对砼无侵蚀性。

1.14 地质灾害与不良地质现象

县境内地质灾害与不良地质现象有崩塌、滑坡、泥石流、变形体、地面塌陷和岩石的风化、软化、岩溶以及人类工程活动形成的高边坡等。据调查，目前发现有灾害隐患点 314 处，其中滑坡 174 处、变形体 99 处、崩塌 14 处、地面塌陷 5 处、危岩 18 处、泥石流 4 处，已经治理的滑坡 20 处；另有高边坡 196 段，其中道路高边坡 88 段、房屋高边坡 108 段；已经治理和正在治理的 117 段。xx 水库蓄水后，在新的库水位条件下，尤其是库水位涨落条件下，原来一部分滑坡体将被完全淹没，一部分滑坡则由于水位的抬升，滑坡体前缘的冲蚀后退、或库水的浸润，滑带土力学强度的降低而重新引发滑坡灾害；对于岩质岸坡，由于三叠系中统巴东组分布较为广泛，因其软硬相间互层的特点，部分陡峭岸坡极易在库水位的作用下，产生坡脚的冲刷淘空形成岩腔及泥质岩体遇水软化等工程地质特性的改变，进一步发展或扩大塌岸范围与规模，亦将会威胁沿江建（构）筑物和人身安全。

1.15 人类工程活动

人类不合理的工程活动是诱发滑坡等地质灾害的重要因素。如大规模的城镇建设、修筑公路、开发矿藏、兴修水利工程或随意弃渣弃土等工程活动中，在坡脚开挖形成高大有效临空面和坡顶加载增大下滑力，以及爆破振动破坏坡体完整性，极易造成原有滑坡、崩塌灾害体局部或整体复活或暴发泥石流灾害。再者是 xx 库水位涨落引起的库岸再造和诱发滑坡，在 xx 移民迁建工程中，xx 显得尤为突出。

196 段人工边坡主要分布在移民迁建城镇，重要公路干线；具体分布在新县城三马山—宝塔坪一线；江南工业小区；白帝镇新场镇移民场镇及交通干线渝巴路、奉巫东路、奉恩路及奉朱公路。可见人类工程活动，也应讲究科学、合理，遵循自然规律，否则必然遭受惩罚。

2 滑坡、泥石流规划调（勘）成果分述

根据任务书，本次拟规划调（勘）查的地质灾害共计 17 处[见图 3-1 xxxx 三期地质灾害防治规划调（勘）查灾害体分布图]，其中滑坡 16 处，泥石流 1 处。各滑坡、泥石流规划（调）勘查成果分述如下：

2.1 港航砖厂滑坡

2.1.1 港航砖厂滑坡地质特征

2.1.1.1 滑坡空间形态

港航砖厂滑坡位于 xx 新城区头道河移民小区（照片 3-1-1），地处长江北岸、朱衣河左岸，距朱衣河河口约 4km，所属 1/1 万图幅为口前幅，地理坐标为：X=3434386，Y=96644420。

滑坡地处施家梁北西西侧斜坡，下临头道河，河底经人工回填整平，为港航砖厂厂址，其面积约 5000m²；上接头道河移民小区，为土产公司等单位住宅楼。滑坡平面形态不规则，总体呈长条状，长 120m，宽 55m，厚 8m，面积 0.66×10⁴m²，体积 5.3×10⁴m³。滑坡前缘高程 208m，后缘高程 293m，高差 85m。主滑方向 316°。滑坡稳定性不受 xx 水库蓄水影响。

头道河断面为 V 型，河底宽 5~12m，切割深度 50~100m，河底走向近南北北东—南西向，纵比降 125~250‰。河东侧岸坡较陡，坡角为 40~60°，基岩埋深浅或裸露，为港航砖厂滑坡区；西侧岸坡为乌龟包滑坡区。

港航砖厂滑坡为一小型土质滑坡，滑坡后部为人工堡坎，砼结构，坎高 7~9m，坎后平台宽 24m。平台上两栋砼 8 层楼房墙面出现轻微裂缝。堡坎下自然斜坡坡角 32°。滑坡中部地形稍平缓，坡角 25~30°。钻孔揭露基岩埋深 7.5m，基岩以上有 20cm 厚粉质粘土夹碎石，软塑，碎石有磨光现象。滑坡前部地形较陡，坡角 35°。探槽揭露基岩埋深 3~5m。据访，滑坡前缘原为水田，在 1994 年港航砖厂上马时经人工开挖修建水塘（开挖深度超过 3m），弃土堆填于水塘 NW 侧，致使滑坡前缘呈负地形（照片 3-1-2）。探井揭露粉质粘土夹碎石厚度大于 15m，此深度低于头道河河底高程。滑坡两侧为山梁，基岩出露于坡脚和砖厂采石场，山梁基岩埋深小于 5m。滑坡区基岩均为 T_{2b}² 紫红色泥岩，岩层总体产状 165°∠25°。

滑坡区目前正在进行大规模的开发建设，沿斜坡堆弃了大量填土，厚度 5~10m，河底及斜坡上已修筑了排污暗涵。

照片 3-1-1 港航砖厂滑坡全貌

照片 3-1-2 港航砖厂滑坡前缘水塘

2.1.1.2 滑坡物质组成及结构特征

滑坡区位于杨家梁复式向斜的北翼倾伏端，地层为三叠系中统巴东组第二段（ T_{2b}^2 ），岩层总体产状 $165\angle 25^\circ$ 。 T_{2b}^2 为紫红色泥岩夹少量灰黄、灰绿色砂质泥岩与薄—中厚层粉砂岩、砂岩不等厚互层。第四系人工填土分布于滑坡区上部 xx 新城建设区，为褐黄、灰褐色粉质粘土、碎块石及砖、瓦、砼块等建筑弃土、生活垃圾，块石含量 30~70%，稍湿，松散—稍密，回填时间约 1~3 年。

1. 滑体

滑体物质为红褐色粉质粘土夹 20~40% 砾碎石，粉质粘土可塑，碎石成份为紫红色泥岩，强风化，碎石粒径 2~12cm。钻孔 GHZK1 揭露中部滑体厚度 7.5m，探井 GHTJ1 揭露前缘滑体厚度 5m 左右，滑体厚度变化与高密度电测深物探解译成果基本一致。

2. 滑带

钻孔 GHZK1 揭露坡滑带平均埋藏深 7.5m，滑带土为粉质粘土夹 20% 的砾石，砾石粒径 2~10mm 居多，呈次圆状，部份强风化。粉质粘土呈可塑状，较细腻；基岩面见褐黄色氧化膜。

3. 滑床

滑床为三叠系巴东组二段的泥岩及少量粉砂质泥岩。横向上（垂直于滑坡主滑线）滑床形态呈不规则的 U 型，北侧滑床面埋藏较深，坡角较陡，南侧滑床面埋藏较浅，坡角较缓，纵向上（主滑线）滑床面稍有起伏，整体形态较平滑，从滑床纵横形态分析，滑坡主滑方向为 316° 。

2.1.1.3 滑坡水文地质

勘查区斜坡具上覆松散土层与下伏基岩的双层结构，地下水按其赋存特征及水理性质分为基岩裂隙水和松散岩类孔隙水两类。

基岩裂隙水主要赋存于巴东组的泥岩、粉砂质泥岩中，主要排泄于滑坡外围，滑体未见泉水露头，基岩强风化厚度 2~4m，深部裂隙不发育，完整性较好，透水性较弱，滑床基岩富水性弱。

松散岩类孔隙水的含水层主要是滑坡堆积物，为粉质粘土夹砾碎石，一般厚度 5~10m，滑坡物质结构稍密，碎石含量 20~40%，本次施工的钻孔 GHZK1 中，水位埋深 14.25m。

地下水主要接受大气降雨及地表水补给，向头道河排泄。在滑坡前缘北侧地带，见大片湿地，分布面积约 $500m^2$ 。

滑坡区为朱衣河左岸斜坡地带，地表水汇集于测区内冲沟，向朱衣河排泄。头道河为季节性（暴雨型）河流，河底已修筑了城市排污暗涵，河沟内堆弃了大量填土。头道河沟源高程 600m，主沟长 1800m，汇水面积 $0.8km^2$ ，切割深度 50~100m，纵比降 125~250%，谷坡坡角 20~25°。

2.1.1.4 滑带土物理力学性质

滑带土物理力学性质见试验成果一览表（表 3-1-1）。

2.1.2 滑坡形成机制

2.1.2.1 滑坡变形特征及发育史

滑坡前侧原为水田，在 1994 年港航砖厂上马时经人工开挖修建水塘（开挖深度超过 3m），弃土堆填于水塘 NW 侧，致使滑坡前缘呈负地形，同时，在其北边约 20m 处的基岩山梁放炮采石，造成土石松动。1997 年头道河小区开始大规模的开发建设，在滑坡前缘大开挖及不合理的在坡体上修建移民房和堆填弃土，破坏了坡体的自然平衡状态，在暴雨的诱发下，后缘堡坎上两栋 8 层楼房墙面出现轻微裂缝。在当地居民的强烈要求下，砖厂现已停产。滑坡近期以蠕动变形为特征。

2.1.2.2 滑坡影响因素分析评价

滑坡形成的主要影响因素有：气象与水文条件、地形地貌及人类工程活动等。

1. 气象与水文条件

滑坡区雨量充沛，多暴雨和连续降雨，地表水、地下水作用强烈，降雨（尤其是暴雨）渗入坡体第四系松散粉质粘土夹碎石层，沿下伏三叠系中统巴东组二段泥岩面径流，降低了土岩接触面的抗剪强度，促使坡体蠕动。

2. 地形地貌

滑坡区为低山地貌，谷坡陡峻，平均坡角约 30° ，切割深，高差 80 余米；坡体前缘临空，为进一步形成滑坡创造了有利的空间条件。

3. 人类工程活动

1997 年开始大规模的新城建设活动，在斜坡前缘切坡、放炮采石，在斜坡后缘加载、填土建房，降低了坡体的稳定性。

2.1.2.3 滑坡成因机制分析

港航砖厂滑坡前后缘坡角大，前缘临空面陡，上覆第四系粉质粘土夹碎石透水性好，雨季中地表径流能较快转入地下，并沿下伏相对隔水的泥岩面径流；地下水的强烈活动，降低了土岩接触带抗剪强度，致使坡体逐渐失稳，属第四系松散堆积物沿下伏基岩面的浅层蠕滑。

2.1.3 滑坡稳定性分析评价

2.1.3.1 滑坡变形动态分析

鉴于滑坡下伏的基岩总体上呈向坡内倾斜，基岩面整体坡角 21°，且局部呈台阶状，在较长的时期内，平衡状态已形成。钻孔揭露基岩连续、稳定，无滑动迹象，故可判断滑坡所在的斜坡下伏基岩稳定。

滑坡体与基岩面接触带为粉质粘土夹 20~40%的砾碎石，砾石径 2~10mm 居多，呈次圆状，部份强风化。粉质粘土呈软塑状，抗剪强度较低，滑带物质结构特征不利于滑体的整体稳定；

滑坡滑面缓倾坡外，整体坡角 21°，滑坡形态不利于滑体的整体稳定。移民迁建工程大面积的切坡，坡眉处大量加载，边坡也未及时支护，原本松动的坡体极易造成边坡失稳。因此，不合理的人类工程活动，可能诱发地质灾害，应引起足够重视

表 3-1-1		港航砖厂滑坡滑带土物理力学性质一览表															
原编	样号	含水量 ω_0 (%)	密度 ρ_0 (g/cm ³)	比重 G_s	饱和度 S_r (%)	孔隙率 n (%)	孔隙比 e_0	压缩试验		抗 剪 强 度(快剪)				抗 剪 强 度(多次剪)			
								压缩模量 E_s (Mpa)	压缩系数 a_v (0.1~0.2) (Mpa ⁻¹)	天然状态		饱和状态		天然状态		饱和状态	
										内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kpa)
	GHTC3-1	25.3	1.95	2.74	91	43	0.761	4.71	0.37	11.0	53	10.5	31	9.0	24	8.0	13
	GHTC5-1	25.2	2.01	2.74	98	41	0.707	4.22	0.40	14.2	25	12.5	20	12.0	18	11.0	14
	GHTJ1-1	21.5	2.03	2.74	92	39	0.640	7.59	0.22	13.2	34	11.7	25	10.5	16	9.0	11
	GHZK1-1	22.8	2.05	2.74	97	39	0.641	4.83	0.34	14.0	26	13.2	22	12.5	18	10.5	14
	样本数	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	平均值	23.70	2.01	2.74	94.50	40.50	0.69	5.34	0.33	13.10	34.50	11.98	24.50	11.00	19.00	9.63	13.00

2.1.3.2 滑坡稳定性计算与分析

1. 计算剖面

采用勘查剖面 I—I' 作为计算剖面。

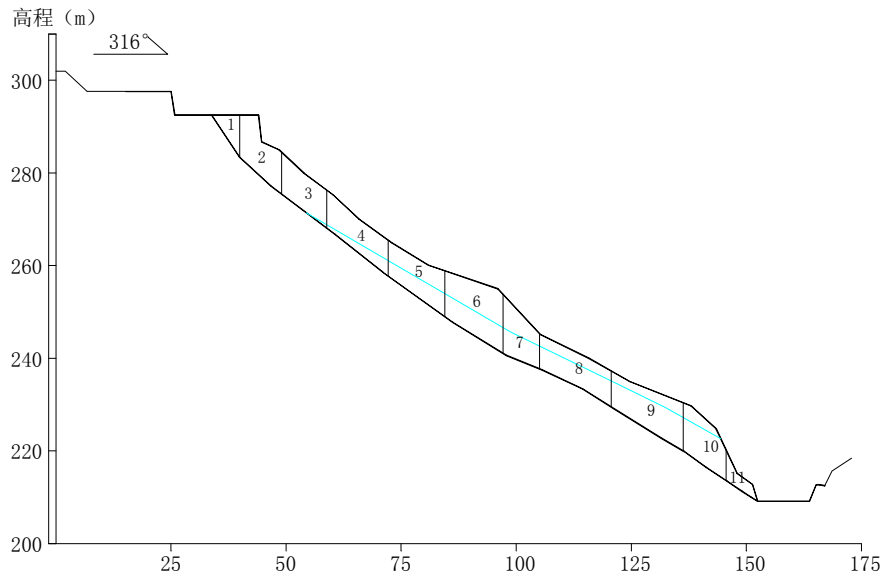


图 3-1-1 港航砖厂滑坡稳定性计算条分图

2. 计算方法

滑坡滑动面近似折线型，采用 Bishop 法和传递系数法，按照《重庆市 xx 滑坡危岩勘查规定》（试行）推荐公式对滑坡的稳定性及推力进行计算。

（1）稳定性计算公式

①Bishop 法计算公式

$$K = \frac{\sum \{ [\bar{c}_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \bar{\varphi}_i] \cdot 1 / M_i(\theta) \}}{\sum W_i \sin \theta_i}$$
 (式 3-1)

$$M_i(\theta) = \cos(\theta_i) + \sin \theta_i \tan \bar{\varphi}_i / K$$

式中：K—稳定系数；

W_i 、 b_i —条块自重（kN/m）、条块宽度（m）；

\bar{c}_i 、 $\bar{\varphi}_i$ —滑带土内聚力（kPa）和内摩擦角（°）；

θ_i —条块滑面处倾角（°）；

u_i —孔隙水压（kN/m）。

②传递系数法计算公式：

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (R_i \prod_{j=i}^{n-1} \psi_j) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} (T_i \prod_{j=i}^{n-1} \psi_j) + T_n}$$
 (式 3-2)

式中：K— 稳定系数；

R_i — 作用于第 i 块段的抗滑力（kN/m）；

T_i — 作用于第 i 块段滑动面上的滑动分力（kN/m），出现与滑动方向相反的滑动分力时， T_i 应取负值；

ψ_j — 第 i 块段的剩余下滑力传递至 $i+1$ 块段时的传递系数（ $j=i$ ）。

（2）滑坡剩余下滑推力计算公式

$$P_i = P_{i-1} \cdot \psi + F_{st} \cdot T_i - R_i$$
 (式 3-3)

式中： P_i 、 P_{i-1} —分别为第 i 块、第 $i-1$ 块段滑体的剩余下滑力（kN/m）；

F_{st} — 滑坡推力计算安全系数，根据滑坡体的影响危害程度，取 1.25；

T_i —作用于第 i 块段滑动面上的滑动分力（kN/m）；

R_i —作用于第 i 块段的抗滑力(kN/m)。

3. 计算工况

港航砖厂滑坡剪出口高程约在 208m，故该滑坡的稳定性不受 xx 库水位的影响，计算中主要考虑降雨、地震等，本次稳定性计算可按下列三种工况考虑：

工况 1：自重+地表荷载+动荷载+5 年一遇暴雨

工况 2：自重+地表荷载+动荷载+50 年一遇暴雨

工况 3：自重+地表荷载+动荷载+地震+5 年一遇暴雨

4. 计算结果

稳定性计算结果见表 3-1-2。

表 3-1-2 港巷砖厂滑坡稳定性计算成果表

剖面 编号	计算参数						稳定系数(Bishop 法 /传递系数法)		
	γ (kN/m ³)		C (kPa)		φ (°)		工况 1	工况 2	工况 3
	天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和			
I—I'	20.5	20.8	25	24	23.5	22.5	1.066/ 1.057	1.013/ 1.016	0.989/ 1.033

滑坡剩余下滑推力计算结果见表 3-1-3。

表 3-1-3		港航砖厂滑坡 1-1 剖面剩余下滑力计算表							
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾角 (°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	474.233	10.011	56.289	25.000	23.500	1.057	1.200	108.679
	2	1628.597	12.107	41.033	25.000	23.500			538.589
	3	1499.299	12.234	36.837	25.000	23.500			771.088
	4	1892.303	16.925	37.780	25.000	23.500			1094.193
	5	1954.816	15.150	35.358	25.000	23.500			1358.637
	6	2797.214	14.856	32.073	25.000	23.500			1702.868
	7	1499.517	8.613	23.036	25.000	23.500			1454.210
	8	2018.283	17.341	25.745	25.000	23.500			1310.493
	9	1943.866	17.282	25.336	25.000	23.500			1108.614
	10	1327.184	12.379	41.122	24.000	22.500			1552.166
	11	334.670	9.436	43.593	24.000	22.500			1547.500
II	1	474.233	10.011	56.289	25.000	23.000	1.016	1.100	71.950
	2	1628.597	12.107	41.033	25.000	23.000			413.335
	3	1499.299	12.234	36.837	25.000	23.000			572.982
	4	1892.303	16.925	37.780	25.000	23.000			794.134
	5	1954.816	15.150	35.358	25.000	23.000			968.061
	6	2797.214	14.856	32.073	25.000	23.000			1199.214
	7	1499.517	8.613	23.036	25.000	23.000			948.741
	8	2019.454	17.341	25.745	24.000	22.000			793.878
	9	1949.423	17.282	25.336	24.000	22.000			655.229
	10	1332.538	12.379	41.122	24.000	22.000			1060.228
	11	337.764	9.436	43.593	24.000	22.000			1072.818
III	1	474.233	10.011	56.289	25.000	23.500	1.033	1.100	75.750
	2	1628.597	12.107	41.033	25.000	23.500			426.064
	3	1499.299	12.234	36.837	25.000	23.500			593.171
	4	1892.303	16.925	37.780	25.000	23.500			825.120
	5	1954.816	15.150	35.358	25.000	23.500			1008.501
	6	2797.214	14.856	32.073	25.000	23.500			1251.965
	7	1499.517	8.613	23.036	25.000	23.500			1001.640
	8	2018.283	17.341	25.745	25.000	23.500			789.212
	9	1943.866	17.282	25.336	25.000	23.500			532.510
	10	1327.184	12.379	41.122	24.000	22.500			862.846
	11	334.670	9.436	43.593	24.000	22.500			827.123

2.1.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

采用传递系数法计算出滑坡的稳定性如下：

在天然状态下（工况 1），K＝1.057，滑坡处于潜在不稳定状态；在暴雨状态下（工况 2），K＝1.016，滑坡处于潜在不稳定状态；在地震状态下（工况 3），K＝1.033，滑坡处于潜在不稳定状态。可见，滑坡受地震、降雨的影响较大。

2.1.4 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.1.4.1 滑坡危害性分析

滑坡体后缘接头道河移民小区住宅，下临港航砖厂。滑坡区内聚集了县土产公司、水泥厂、机械化公司、港航砖厂及数栋移民安置房。如今，滑坡体上正在修建城市排污管。

如果发生滑坡灾害，将使移民迁建房毁于一旦，严重威胁数百户居民生命财产的安全，同时也危及滑坡体后部的竹枝路及通讯、电力、地下管网等市政设施的安全；如果发生滑坡灾害，将造成头道河泄洪不畅，大量的松散物质成为泥石流的物源，极可能在暴雨条件下产生泥石流，将对下游建筑构成威胁；如果发生滑坡灾害，新城中心地带将丧失大量可建设用地，加重国土资源与新城建设的矛盾；如果发生滑坡灾害，将对头道河的地质环境造成破坏。可见，对滑坡进行有效防治，关系到该区移民迁建的成败，意义重大。

2.1.4.2 实物指标调查

1. xx 土产公司职工宿舍 2 栋，其中砖混结构面积 10292.16m²，框架结构面积 1422.08 m²，人口 136 户 390 人；
2. 奉节石马水泥厂宿舍 2 栋，砖混结构，面积 7240 m²，人口 64 户 211 人；
3. 奉节机械化公司职工宿舍 1 栋，砖混结构，面积 9881 m²，人口 48 户 167 人；
4. xx 港航砖厂，其中砖木结构面积 960 m²，砖混结构面积 270 m²，资产 100 万元，砖厂现已停产，留有一户 4 人看守。

永安镇朝阳社区总计威胁框架结构楼房面积 1422.08 m²，砖混结构楼房面积 27683.16 m²，砖木结构楼房面积 960 m²，人口 252 户 772 人。折合总费用 2100 万元。

2.1.5 防治方案比较与建议

2.1.5.1 防治方案分述

1. 工程治理

在滑体中部采用桩板墙进行支挡，下部削坡处理。桩断面 2×1.5m，长 18m，桩间距 6m，共 10 根，约 60 万元；桩板砼约 200m³，约 20 万元；削坡约 5000m³，约 10 万元。护坡面积

0.66 万 m²。砼格构 400m³，费用按 800 元/m³计需资金 32 万元；锚杆 300 根（长 12m），费用按 3000 元/根计需资金 90 万元。工程治理总费用为 212 万元。

2. 搬迁避让
- 滑坡区受威胁人口 252 户 772 人。搬迁费用按 3 万元/人计，即需资金 2316 万元，尚未计入工矿企业搬迁费用及通讯、电力、地下管网等市政设施方面的损失。
3. 监测预警
- 设置地面位移监测桩 10 个，购置监测仪器一套，成本 5 万元。每年监测费用 3 万元。

2.1.5.2 防治方案比较与推荐意见

奉节新县城土地短缺，用地紧张，搬迁避让难度较大，其费用和损失当在千万元以上，耗资巨大。据估算工程治理滑坡费用约 212 万元，治理费用远少于搬迁费用，社会效益、经济效益和环境效益显著，建议对港航砖厂滑坡采取工程治理防治方案。监测预警能减少灾害的损失，但不能防止灾害的发生，建议结合工程治理防治方案进行布置，使之作为设计、反馈设计、指导施工和检查防治效果的依据。

2.1.5.3 规划建议

1. 港航砖厂滑坡面积 0.66 万 m²，体积 5.3 万 m³。因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载、前缘开挖，降低了坡体的稳定性，在遭遇长时间高强度的暴雨时，滑坡可能整体失稳。
2. 港航砖厂滑坡总计威胁框架结构楼房面积 1422.08 m²，砖混结构楼房面积 27683.16 m²，砖木结构楼房面积 960 m²，人口 252 户 772 人。折合总经费 10000 万元。
3. 建议对港航砖厂滑坡实施工程治理方案，治理总费用估算为 212 万元。
4. 滑坡治理工程应结合城市规划建设加强方案论证，达到技术安全、经济合理、提高地质环境质量、促进经济发展的目的。
5. 滑坡区严禁加载，新建建筑应事先作好场地勘察，基础置于稳定的基岩内。
6. 加强对滑坡的动态监测，确保其治理效果。

2.2 乌龟包滑坡

2.2.1 乌龟包滑坡地质特征

2.2.1.1 滑坡空间形态

乌龟包滑坡位于 xx 新县城王家坪移民小区（照片 3-2-1），地处长江北岸、朱衣河左岸，距朱衣河河口约 4.5km，所属 1/1 万图幅为口前幅，地理坐标为：X=3434334， Y=36638557。

照片 3-2-1 乌龟包滑坡全貌

照片 3-2-2 乌龟包滑坡前缘剪出口

乌龟包滑坡位于头道河右岸，下临头道河，河底经人工整平，为港航砖厂厂址，面积约 5000m²；上接王家坪移民小区。滑坡平面形态不规则，总体呈长条状，长 720m，宽 220m，厚 35m，面积 16×10⁴m²，体积 560×10⁴m³。前缘高程 210m，后缘高程 450m，高差 240m。主滑方向 205°。滑坡稳定性不受 xx 水库蓄水影响。

头道河断面为 V 型，河底宽 5~12m，切割深度 50~100m，河底走向近北东—南西向，纵比降 125~250‰；河东侧为港航砖厂滑坡区；河西侧岸坡地形起伏大，在新城建设中被改造为逐级平台，平台间为缓坡，为乌龟包滑坡区。

根据本次勘察成果，结合《重庆市 xxxx 新城永安砖厂（王家坪）滑坡群工程地质勘察报告》（重庆市地勘总公司二〇八水文地质工程地质队、2002.1），认定乌龟包滑坡为一大型岩质老滑坡。滑坡后缘呈不规则的圆弧形，坡角较缓，坡角 10~15°，滑坡壁特征明显，后壁保留有拉裂而未崩滑的岩体，并清晰可见擦槽，滑坡壁向南西倾斜，坡向 180~220°，后壁高 5~20m，T_{2b}³ 泥灰岩倾向坡内，倾角 35°，岩体完整，成层性好，中上部岩体层面产状变平缓，局部倾向坡外，为老滑坡后壁保留的弯曲拉裂岩体，此现象也是该滑坡形成机制为弯曲—拉裂型的一个证据。滑坡中前部地形较陡并向外略微鼓出，坡角 20~45°。钻孔揭露基岩埋深 35~40m，基岩以上 20cm 厚粉质粘土夹碎石，软塑，碎石面有磨光现象。滑坡前缘直抵头道河河底，剪出口特征明显（照片 3-2-2）。钻孔及探槽揭露斜坡表层为厚 0~4m 块石土，为老滑坡后期分解产物。滑坡区外的地形稍陡，从贯穿滑坡的原 1[#]、2[#]公路边坡开挖的断面看，基岩出露完整。

滑坡区目前正在进行大规模的开发建设，整体上被改造成阶梯状，滑坡东侧边界的头道河及西侧冲沟内堆弃了大量填土，厚度 5~10m，沟底及斜坡上已修筑了排污暗涵。

2.2.1.2 滑坡物质组成及结构特征

滑坡区位于杨家梁复式向斜的北翼倾伏端，核部地层为第二段（T_{2b}²）和三叠系中统巴东组第三段（T_{2b}³），岩层倾向 292~344°、倾角 10~43°，总体为一与坡向反倾的单斜构造，受小褶皱的影响，局部地层倾向坡外。T_{2b}² 为紫红色夹少量灰黄、灰绿色泥岩与薄—中厚层粉砂岩、砂岩不等厚互层；T_{2b}³ 为灰—深灰色灰岩、含泥灰岩、泥岩夹钙质页岩、细砂岩，岩体破碎。第四系分布于滑坡区上部 xx 新城建设区，为褐黄、灰褐色粉质粘土夹碎块石，其表面还混杂着砖、瓦、砼块等建筑弃土、生活垃圾，块石含量 30~70%，稍湿，松散—稍密，回填时间

约 1~3 年。

1. 滑体

滑体物质为褐黄、紫红色碎块石土，中密，块石以泥灰岩、泥质灰岩及泥岩为主，块石含量 50~85%，块径多 0.1~1.5m，大者达 2.5m，中等风化，部分岩体层序保留较好、骨架间充填为粉质粘土，呈可塑状。《重庆市 xxxx 新城永安砖厂（王家坪）滑坡群工程地质勘查报告》认为，顺主滑方向土体厚度逐渐变厚，西侧滑体厚度较东侧大。高密度电测深物探解译成果验证了这一结论。

2. 滑带

老滑坡滑带平均埋藏深 35m，厚 0.20，滑带土为粉质粘土夹 20~40%的碎石，粒径 4~50mm 居多，部分达 200mm，呈次圆状，强风化。粉质粘土呈可塑—软塑状，较细腻。滑坡范围内的勘探孔 WGZK3 见到滑带（面）特征：滑带土体见断续光滑镜面，有密集细小擦痕，有浸水，基岩面（老滑坡滑面）见擦痕和褐黄色的氧化膜，局部见擦槽，其走向同滑动方向一致。

3. 滑床

老滑坡滑床为三叠系巴东组的泥岩、泥灰岩及少量粉砂质泥岩。横向上（垂直于滑坡主滑线）滑床形态呈不规则的 U 型，西侧滑床面埋藏较深，坡角较陡为 20~35°、东侧滑床面埋藏较浅，坡角较缓为 10~20°。纵向上（主滑线）滑床面呈折线型，基岩面整体坡角为 18°，中后部较陡，坡角 22~37°，前部较缓为 5~8°，从滑床形态分析，滑坡主滑方向为 205°。

2.2.1.3 滑坡水文地质

勘查区坡体具松散土层与下伏基岩的双层结构，地下水按其赋存特征及水理性质分为基岩裂隙水和松散岩类孔隙水两类。基岩裂隙水主要赋存于区内巴东组的泥灰岩、泥岩、粉砂质泥

岩中，主要排泄于滑坡外围，滑体前缘（乌龟包下）见地表泉水，流量为 0.5L/s。基岩强风化厚度 2~4m，深部裂隙不发育，完整性较好，透水性较弱，滑床基岩富水性弱。

松散岩类孔隙水的含水层主要是滑坡堆积物，为泥岩、泥灰岩碎块石土，骨架间充填为粉质粘土，滑坡物质结构稍密，透水性较好，块石含量 50~80%，本次施工的钻孔中，WGZK2 地下水位埋深 0.3m，WGZK3 地下水位埋深 17.15m，WGZK4 地下水位埋深 36.0m。地下水主要接受大气降雨及地表水补给，沿泥岩面径流，主要向头道河排泄。在近沟岸坡地带及滑坡前缘坡角，见大片湿地，分布面积约 400m²。

滑坡区为朱衣河左岸，地表水汇集于测区内冲沟，向朱衣河排泄。头道河为季节性（暴雨型）河流，河底已修筑了城市排污暗涵，河沟内堆弃了大量填土。头道河沟源高程 600m，主沟长 1800m，汇水面积 0.8km²，切割深度 50~100m，纵比降 125~250%，谷坡坡角 20~25°。

2.2.1.4 滑带土物理力学性质

滑带土物理力学性质见试验成果统计表（表 3-2-1）。

2.2.2 滑坡形成机制

2.2.2.1 滑坡变形特征及发育史

乌龟包滑坡为老岩质滑坡，从外观分析，根据滑坡体上碎块石土的不同颜色，即红褐色

表 3-2-1 乌龟包滑坡滑带土物理力学性质统计表																
原 样 编 号	含 水 量 ω ₀ (%)	密 度 ρ ₀ (g/cm ³)	比 重 G _s	饱 和 度 S _r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	压缩试验		抗 剪 强 度(快剪)				抗 剪 强 度(多次剪)			
							压缩 模量 E _s (Mpa)	压缩 系数 a _v (0.1~0.2) (Mpa ⁻¹)	天然状态		饱和状态		天然状态		饱和状态	
									内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)
WGTC3—1	24.6	1.99	2.75	94	42	0.722	5.21	0.33	13.2	17	12.5	15	11.3	12	10.0	11
WGTC4—1	40.3	1.75	2.73	93	54	1.189	2.85	0.77	6.0	10	5.5	9	5.3	8	5.0	7
WG TJ1—1	24.5	2.00	2.74	95	41	0.706	4.66	0.37	13.0	27	12.0	22	11.5	18	10.5	15
WGZK1—1	30.5	1.92	2.74	97	46	0.862	3.61	0.52	14.0	12	13.5	10	12.8	10	12.0	9
WGZK2—1	29.5	1.90	2.74	93	46	0.868	4.23	0.44	8.0	21	7.5	18	7.0	16	6.5	15
WGZK3—1	22.1	2.07	2.74	98	38	0.616	4.39	0.37	13.5	32	12.6	23	11.4	20	11.0	15
样本数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

平均值	28.58	1.94	2.74	95.00	44.50	0.83	4.16	0.47	11.28	19.83	10.60	16.17	9.88	14.00	9.17	12.00
标准差	6.01	0.10	0.01	1.91	5.09	0.18	0.76	0.15	3.10	7.82	2.99	5.40	2.73	4.32	2.53	3.21
变异系数	0.21	0.05	0.00	0.02	0.11	0.22	0.18	0.32	0.27	0.39	0.28	0.33	0.28	0.31	0.28	0.27
修正系数	1.29	1.07	1.00	0.97	0.84	0.69	1.25	0.55	0.62	0.81	0.61	0.84	0.61	0.85	0.61	0.87
标准值	36.97	2.08	2.73	92.32	37.39	0.57	5.21	0.26	6.95	15.99	6.42	13.51	6.07	11.88	5.63	10.42

与黄灰色界线同两侧 T_{2b}² 与 T_{2b}³ 颜色界线的错开情况，可以粗略估计老滑坡最大滑动距离约 100~120m。

1997 年王家坪小区开始大规模的开发建设，高楼林立，在滑坡前缘大开挖及不合理的在坡体上堆填弃土，破坏了坡体的自然平衡状态；在暴雨的诱发下产生了滑塌体，滑塌体后缘见多条延伸长达 20 余米的拉裂缝，其后壁局部可见，高约 0.3~0.5m。滑坡前缘变形较明显，成为地下水排泄处，形成大片湿地，滑坡近期以蠕动变形为特征。

2.2.2.2 滑坡影响因素分析评价

老滑坡的形成主要影响因素有：地层岩性、地质构造、地形地貌及气象与水文条件等。

1. 地层岩性

滑坡区内岩体以三叠系中统巴东组泥岩、泥灰岩为主，泥岩岩质较软，且遇水易软化、泥化以至崩解，抗剪强度较低，泥灰岩岩质较坚硬；岩体总体上具软硬相间的结构特征。这种岩层组合属于易滑地层，是滑坡形成的物质基础。

2. 地质构造

滑坡区处于杨家梁复式向斜的北翼倾伏端，在岩层褶皱过程中，软硬岩相互间强烈错动揉曲，发育了多组构造裂隙，多组结构面将岩体切割成楔形体，同时，由于裂隙的发育，加速了风化营力对岩体的破坏，岸坡坡脚地应力集中，岩体卸荷回弹，为滑坡提供了内动力条件。

3. 地形地貌

滑坡区为低山地貌，地形坡角大，高差 200 余米；坡体前缘发育冲沟，切割深切数十米，头道河水流底蚀和和侧蚀，加速了岸坡的变形破坏，坡体前缘临空，为形成滑坡创造了有利的空间条件。

4. 气象与水文条件

滑坡区雨量充沛，多暴雨和连续降雨，地表水、地下水作用强烈，使岩体中的可溶盐及亲水矿物产生溶解、水解、软化，使强度降低，并加速了裂隙的发展，破坏了坡体结构，降雨（尤其是暴雨）渗入坡体，在排水条件差的裂缝中产生较大的静水压力和浮托力，促使坡体滑动。

2.2.2.3 滑坡成因机制分析

乌龟包老滑坡变形破坏形式是较典型的弯曲—拉裂型。

本区岩层走向近北东—南西向，倾向坡内，滑坡中上部岩层倾角 30~40°，中下部岩层倾角 10~12°。岩体破碎，岩体中存在三组陡倾结构面，沟岸陡坡临空面卸荷回弹，使陡倾结构面拉张，在重力作用下岩层弯曲，拉裂面向深部扩展，范围也逐渐向后扩展，使拉裂的岩层折裂，压碎，最终顺剪切面滑动。据探槽揭露：在滑体中下部滑动面之上的岩体仍保留有较好的层序，但岩体产状平缓，局部倾向坡外（南），说明滑坡发生之前岩体经历了弯曲、拉裂直至岩层折断、压碎的过程，当属弯曲—拉裂变形破坏形式（照片 3-2-3）。

照片 3-2-3 乌龟包滑坡泥灰岩弯曲、拉裂

2.2.3 滑坡稳定性分析评价

2.2.3.1 滑坡变形动态分析

鉴于老滑坡下伏的基岩总体上呈向坡内倾斜，由岩层层面及高角度的裂隙组合形成的块体呈相楔体，基岩面整体坡角 18°，在较长的时期内，平衡状态已形成，加之基岩面前缘较缓，基岩面本身无临空面存在，钻孔揭露基岩连续、稳定，无滑动迹象，故可判断下伏基岩稳定。

老滑坡堆积物与基岩面接触带为粉质粘土夹 20~40%的碎石，粒径 4~50mm 居多，部分达 200mm，呈次圆状，部份强风化，厚 0.20m。粘性土与块石结构中密，抗剪强度较高，滑带物质结构特征有利于老滑坡的整体稳定；老滑坡滑面缓倾坡外，呈折线型，整体坡角仅 18°，中前部坡角较缓（3~5°），滑坡形态有利于老滑坡的整体稳定；老滑坡体为 xx 新城重点开发 区，老滑坡前缘部分已被回填，回填高度数米，回填土反压坡脚，也增大了抗滑力，有利于老滑坡的整体稳定。

移民迁建工程大面积的切坡，坡顶大量加载，边坡也未及时支护，原本松动的坡体极易造成边坡失稳；大量填土堆弃在头道河内，暴雨期易诱发泥石流和填土滑移失稳；冲沟积水浸泡斜坡坡脚，对斜坡稳定性极为不利。因此，不合理的人类工程活动，可能诱发地质灾害，

应引起足够重视。

2.2.3.2 滑坡稳定性计算与分析

1. 计算剖面采用勘查剖面 I—I' 作为计算剖面。

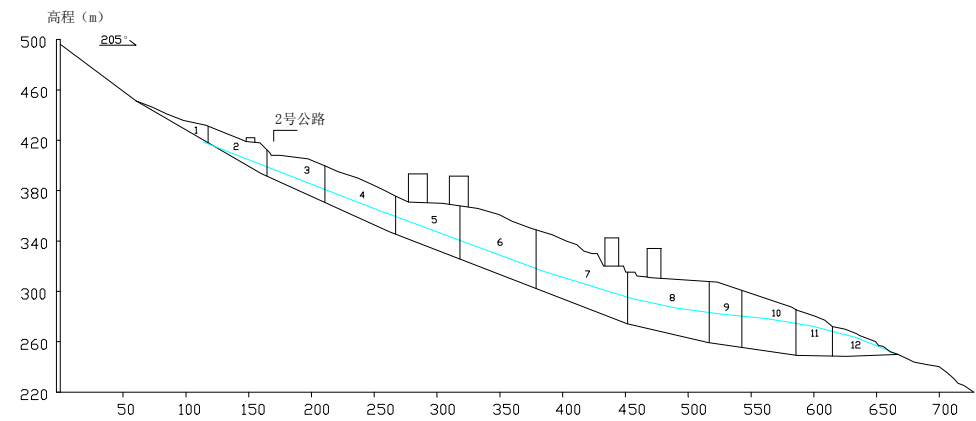


图 3-2-1 乌龟包滑坡计算条分图

2. 计算方法

滑坡滑动面近似折线型，采用一般条分法、Bishop 法和传递系数法，按照《重庆市 xx 滑坡危岩勘查规定》（试行）推荐公式对滑坡的稳定性及推力进行计算。

一般条分法稳定系数计算公式如下：

$$F_s = \frac{\sum R_i}{\sum T_i}$$

(式 3-4)

$T_i = G_i \sin \theta_i + P_{wi} \cos(\alpha_i - \theta_i)$

$R_i = N_i \tan \phi_i + c_i l_i$

$N_i = G_i \cos \theta_i + P_{wi} \sin(\alpha_i - \theta_i)$

式中：F_s—稳定系数；

c_i—第 i 计算条块滑动面上岩土体的粘结强度标准值（kPa）；

φ_i—第 i 计算条块滑动面上岩土体的内摩擦角标准值（kPa）；

l_i—第 i 计算条块滑动面长度（m）；

θ_i， α_i—第 i 计算条块底倾角和地下水位面倾角（°）；

G_i—第 i 计算条块单位宽度岩土体自重（kN/m）；

P_{wi}—第 i 计算条块单位宽度的动水压力(kN/m)；

N_i—第 i 计算条块滑体在滑动面法线上的反力（kN/m）；

T_i—第 i 计算条块滑体在滑动面切线上的反力（kN/m）；

R_i—第 i 计算条块滑动面上的抗滑力（kN/m）。

Bishop 法和传递系数法稳定系数计算和剩余下滑推力计算公式详见港航砖厂滑坡一节。

3. 计算工况

乌龟包滑坡的稳定性不受 xx 库水位的影响，计算中主要考虑降雨、地震等，本次稳定性计算按以下工况考虑：

工况 1：自重+地表荷载+动荷载+5 年一遇暴雨

工况 2：自重+地表荷载+动荷载+50 年一遇暴雨

工况 3：自重+地表荷载+动荷载+地震+5 年一遇暴雨

4. 计算结果

稳定性计算结果见表 3-2-3。

表 3-2-2 乌龟包滑坡稳定性计算成果表

计算方法	稳定系数		
	工况 1	工况 2	工况 3
一般条分法	1.105	1.101	1.059
Bishop 法	1.111	1.106	1.065
传递系数法	1.135	1.023	1.023

滑坡剩余下滑推力计算结果见表 3-2-3。

表 3-2-3 乌龟包滑坡 1-1 剖面剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	1702.357	33.174	30.034	28.000	16.000	1.135	1.20	-329.017
	2	1702.357	33.174	30.034	28.000	16.000			-329.017
	3	6143.110	25.307	24.345	28.000	16.000			1458.090
	4	9208.936	30.880	24.073	28.000	16.000			2688.175
	5	9611.506	27.418	21.080	28.000	16.000			3453.321
	6	14890.348	32.496	21.080	28.000	16.000			4986.253
	7	17549.240	39.050	21.040	28.000	16.000			6766.889
	8	15291.624	33.391	13.023	25.000	14.000			6285.820
	9	6626.887	13.084	8.232	25.000	14.000			5464.369
	10	9552.491	21.802	8.227	25.000	14.000			4533.958
	11	4836.627	14.434	1.384	25.000	14.000			3197.491
	12	3713.746	26.172	-1.581	25.000	14.000			1710.939
II	1	79.549	33.174	30.034	28.000	16.000	1.023	1.10	-414.222
	2	4412.729	26.857	29.512	28.000	16.000			537.941

工 况	条块 号	条块重 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	3	6143.110	25.307	24.345	28.000	16.000			993.979
	4	9208.936	30.880	24.073	28.000	16.000			1849.059
	5	9611.506	27.418	21.080	28.000	16.000			2282.216
	6	14904.494	32.496	21.080	25.000	14.000			4016.183
	7	17623.178	39.050	21.040	25.000	14.000			6462.640
	8	15362.621	33.391	13.023	25.000	14.000			6224.033
	9	6649.384	13.084	8.232	25.000	14.000			5471.233
	10	9582.680	21.802	8.227	25.000	14.000			4645.401
	11	4851.660	14.434	1.384	25.000	14.000			3446.336
	12	3726.948	26.172	-1.581	25.000	14.000			2092.642
III	1	1702.357	33.174	30.034	28.000	16.000	1.023	1.10	-390.814
	2	4412.729	26.857	29.512	28.000	16.000			598.616
	3	6143.110	25.307	24.345	28.000	16.000			1137.308
	4	9208.936	30.880	24.073	28.000	16.000			2118.816
	5	9611.506	27.418	21.080	28.000	16.000			2679.723
	6	14890.348	32.496	21.080	28.000	16.000			3881.830
	7	17547.771	39.050	21.040	28.000	16.000			5262.666
	8	15284.570	33.391	13.023	25.000	14.000			4651.989
	9	6625.761	13.084	8.232	25.000	14.000			3863.130
	10	9549.941	21.802	8.227	25.000	14.000			2897.746
	11	4836.484	14.434	1.384	25.000	14.000			1668.365
	12	3713.746	26.172	-1.581	25.000	14.000			247.629

2.2.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

采用传递系数法计算出滑坡的稳定性如下：

在天然状态下（工况 1），K＝1.135，滑坡处于基本稳定状态；在暴雨状态下（工况 2），K＝1.023，滑坡潜在不稳定状态；在地震状态下（工况 3），K＝1.023，滑坡处于潜在不稳定状态。可见，滑坡受降雨和地震的影响较大。

2.2.4 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.2.4.1 滑坡危害性分析

滑坡体贯穿王家坪小区 1 号路、2 号路及滨江路。滑坡区内聚集了县丝绸公司、煤炭公司、旅游产品公司、富邦汽车维修中心、港航砖厂及数十栋移民安置房，已建成的主要有沿

江大道、1#路、2#路及连接线。如今，滑坡体上新城建设如火如荼，建成后的新区将是奉节新城重要移民新区及商业区。

如果发生滑坡灾害，将使移民迁建房毁于一旦，严重威胁数千居民生命财产的安全，同时也危及贯穿滑坡体的两条中心街道及通讯、电力、地下管网等市政设施的安全；如果发生滑坡灾害，将堵塞头道河河道，造成泄洪不畅，大量的松散物质成为泥石流的物源，极可能在暴雨条件下产生泥石流，将对下游建筑构成威胁；如果发生滑坡灾害，新城中心地带将丧失大量可建设用地，加重国土资源与新城建设的矛盾；如果发生滑坡灾害，将对头道河的地质环境造成破坏。可见，对滑坡进行有效防治，关系到该区移民迁建的成败，意义重大。

2.2.4.2 实物指标调查

1. 永安镇香山社区移民统建房 10 栋，砖混结构，面积 27216.6m²，人口 412 户 1466 人；
 2. xx 煤炭公司宿舍 3 栋，砖混结构，面积 25000 m²，人口 350 户 1226 人；
 3. xx 五湖山庄宿舍 10 栋，砖混结构，面积 31000 m²，人口 450 户 1576 人；
 4. xx 丝绸公司宿舍 8 栋，框架结构，面积 21000 m²，人口 270 户 941 人；
 5. xx 旅游产品公司宿舍 2 栋，框架结构，面积 5600 m²，人口 76 户 266 人；
 6. xx 富邦汽车维修中心，其中框架结构面积 1000 m²，砖混结构面积 1000 m²，工作人员 10 人，设备有烤房、四柱举升机、两柱举升机共计二台；
 7. xx 港航砖厂，其中砖木结构面积 960 m²，砖混结构面积 270 m²，资产 100 万元，砖厂现已停产，留有一户 4 人看守；威胁奉朱三级公路长 760m。
- 总计威胁框架结构楼房面积 27600 m²，砖混结构楼房面积 84216.6 m²，砖木结构面积 960 m²，人口 1569 户 5462 人。折合总费用 8000 万元。

2.2.5 防治方案比较与建议

2.2.5.1 防治方案分述

1. 工程治理
- 根据对滑坡的稳定性评价表明，滑坡目前处于基本稳定状态，特殊工况条件下存在潜在不稳定，或安全储备不足。因此应采用抗滑支挡工程增加滑坡的安全储备：建议支挡工程线设置于高程 305~310m、长 210m、采用 2m×2m 的桩，36 根，平均桩长 60m；高程 370~375m，长 170m，采用 2m×2m 的桩，29 根，平均桩长 60m；钢筋砼综合价 1200 元/m³ 计，局部削坡护坡费用约 80 万元；支挡部分的费用为 1955 万元。地表排水工程：设计截排水沟 3 条共 1500m，按 300 元/m 计，费用为 45 万元。滑坡工程治理总费用为 2000 万元。
2. 搬迁避让

滑坡区受威胁人口 1569 户 5462 人。搬迁费用按 3 万元/人计，即需资金 16386 万元，尚未计入工矿企业搬迁费用及通讯、电力、地下管网等市政设施方面的损失。

3. 监测预警

设置深部位移监测孔 5 个，地面位移监测桩 15 个，购置监测仪器一套，成本 25 万元。每年监测费用 5 万元。

2.2.5.2 防治方案比较与推荐意见

奉节新县城土地短缺，用地紧张，搬迁避让难度较大，其费用和损失当在亿元以上，耗资巨大。据估算工程治理滑坡费用约 2000 万元，治理费用远少于搬迁费，社会效益、经济效益和环境效益显著，建议对乌龟包滑坡采取工程治理防治方案。监测预警能减少灾害的损失，但不能防止灾害的发生，建议结合工程治理防治方案进行布置，使之作为设计、反馈设计、指导施工和检查防治效果的依据。

2.2.5.3 规划建议

根据本次勘查成果，结合《重庆市 xxxx 新城永安砖厂（王家坪）滑坡群工程地质勘查报告》（重庆市地勘总公司二〇八水文地质工程地质队、2002.1），认为：

1. 乌龟包滑坡面积 $16 \times 10^4 \text{m}^2$ ，体积 $560 \times 10^4 \text{m}^3$ 。因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载、前缘开挖，降低了坡体的稳定性，在极端不利条件下，滑坡可能局部加剧变形或引发整体复活。
2. 乌龟包滑坡总计威胁框架结构楼房面积 27600m^2 ，砖混结构楼房面积 84216.6m^2 ，砖木结构面积 960m^2 ，人口 1569 户 5462 人。折合总经费万元。
3. 建议对乌龟包滑坡实施工程治理方案，治理总费用估算为 2000 万元。
4. 滑坡治理工程应结合城市规划建设加强方案论证，达到技术安全、经济合理、提高地质环境质量、促进经济发展的目的。
5. 滑坡区中后部严禁加载，工程建设用地应事先作地质灾害危险性评估，并对建设场地进行勘察，严禁对滑坡稳定性不利的工程建设活动。
6. 加强对滑坡的动态监测，确保其治理效果。
7. 建议对乌龟包滑坡进行详细工程地质勘查。

2.3 茶土坡滑坡

2.3.1 茶土坡滑坡地质特征

2.3.1.1 滑坡空间形态

茶土坡滑坡位于 xx 新县城茶店小区，地处长江左岸，距 xx 水库大坝 156km，所属 1/1 万图幅为 xx 幅，地理坐标为：X=3436970，Y=37358485。

滑坡体位于茶店小区一号桥西约 400m 长范围内的不稳定斜坡段，前缘临长江，高程 150m，后缘高程 285~300m，垂直高差 135~150m。滑坡平面形态上呈圈椅状，宽 340m，长 230m，平均厚度 12m，面积 $7.8 \times 10^4 \text{m}^2$ ，体积 $93.8 \times 10^4 \text{m}^3$ （照片 3-3-1），主滑方向 160°。

照片 3-3-1 滑坡全貌

茶土坡滑坡属河谷侵蚀地貌，坡体较陡并局部略微鼓起，顶部平坦，在坡体两侧均发育有一条切割深度达 10~30m 的冲沟，茶土坡滑坡便发育在两冲沟中间的斜坡体上。斜坡体被后期人为改造后，茶店小区移民迁建楼修建在斜坡体上，并有沿江公路从坡体中部横穿而过。公路上侧斜坡坡角一般 26~30°，下侧坡角 28~38°。

茶土坡滑坡整体为潜在岩质滑坡，其上发育一厚 5~8m 的松散土体滑坡，滑坡边界主要依据地表岩土体变形迹象及微地貌特征来圈定。滑坡体东西两侧均以冲沟为边界，西侧冲沟壁基岩局部出露，岩体有倾倒弯曲变形迹象；东侧沟壁从人工开挖的剖面看，滑坡体区外基岩完整，区内岩土体破碎，产状混乱，局部倾向坡外，并发育有一小型浅沟。土滑后缘从采石场（不包括采石场）顺 55°方向向东延伸至基岩陡壁连续出露处；岩滑后缘则从采石场（包括采石场）向 NE 方向延伸至东侧滑坡壁小型浅沟发育处。

2.3.1.2 滑坡物质组成及结构特征

（1）滑体

茶土坡滑坡滑体物质主要由粉质粘土、碎石土和层状碎裂岩体组成。根据大重度试验：滑体土的天然重度为 20.1kN/m^3 。

1. 粉质粘土：棕色、棕黄色、浅黄色、灰绿色，稍湿，局部湿润，可塑—硬塑状态，厚度变化大 0.5~10m 不等，滑体东部较厚，西部较薄，前部较厚，后部较薄。粉质粘土上部局部有人工填土和生活垃圾等，厚度一般为 0.5~2 m。

2. 碎石土：该层一般位于滑体表层或粉质粘土之下，碎石成分主要为灰色、黄褐色泥灰岩、灰岩，多呈棱角状、次棱角状，大小差异较大，一般为 0.5~17cm，偶见少量块石粒径达 25cm，多为全一强风化，比较破碎，含量 50~80%不等。其间充填有粉质粘土，浅黄色和灰黄色，稍湿—干燥。

3. 层状碎裂岩体：该层分布广泛，出露深度不等，是组成岩质滑体的主要物质，其成分主要为黄褐色、深灰色、灰色以及青灰色泥灰岩和灰岩，一般呈棱角—次棱角碎块状，碎块石块径一般 15~90cm，中一强风化，厚度一般为 6~20m。

（2）滑带

根据地面调查和钻孔资料，参考物探成果，滑坡滑带（软弱面）埋藏深度在 6~25m 之间。松散层潜在滑坡滑带平均埋藏深度 10m 左右，滑带土为粉质粘土夹 10~30%的碎石，碎石粒径一般 2~10cm，呈次棱角状，强风化。粉质粘土呈可塑状，稍湿，较细腻，局部可见到轻微擦痕（照片 3-3-2）。本次勘探孔中钻孔 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4 均见到该滑面，另外，在滑坡后缘有 3 个探槽中见到该滑面。

岩质潜在滑坡滑带（软弱面）平均埋藏深度 25m 左右。各钻孔均有揭露，软弱面由强风化的碎裂岩体组成，成分为泥岩、泥灰岩，厚度一般 30cm~2m 左右，碎石粒径一般 0.5~5cm，棱角状，无磨园。局部泥岩风化为土状，灰黑色，稍湿，可塑，局部可见轻微磨光面（照片 3-3-3）。

照片 3-3-2 土层滑面

照片 3-3-3 碎裂岩体滑面

（3）滑床

茶土坡潜在滑坡的滑床由三叠系巴东组第三段（T_{2b}³）青灰色、深灰色以及浅红褐色泥灰岩和灰岩组成。岩层产状 330∠5~10°，泥灰岩和灰岩中主要有两组节理裂隙发育，产状为 240∠75°和 150∠60°，滑床形态从横向上看，滑床面有轻微起伏变化，西侧相对低凹，东侧相对凸起（见IV—IV’剖面），纵向上看，滑床面呈折线形，阶梯状，与地表

形态近于一致（见 I — I ’ 剖面）。

2.3.1.3 滑坡水文地质

潜在滑坡体东西侧各有一条切割深度 10~30m 的冲沟，纵坡降大，形成天然地表排水系统。冲沟在旱季均为干沟，在暴雨季节有少量水流。地表水来源主要是接受大气降雨的补给，一部分渗入地下，另一部分顺斜坡排入滑坡体两侧冲沟，再汇入长江。

潜在滑坡体堆积物结构松散，是较好的透水层，遇局部不透水层的阻隔，则是较好的含水层。来源主要是接受大气降雨和滑坡后侧层间裂隙水和岩溶裂隙水的补给。但由于该层厚度不大，含水甚微。滑坡区内钻孔未揭露到地下水。区内地下水埋藏较深，未见有泉点出露。长江是区内最低排泄基准面，区内的地表水、地下水最终均汇入长江。

2.3.1.4 滑带土物理力学性质

本次勘察在钻孔中采取土层滑坡滑带土样 4 组，其物理力学性质见表 3-3-1。

2.3.2 滑坡形成机制

2.3.2.1 滑坡变形特征及发育史

茶土坡土层潜在滑坡和岩质潜在滑坡目前尚处于蠕滑变形阶段，主要变形迹象是：

（1）茶店小区沿江公路段路面沉陷。调查中发现：沿江公路上拉张裂缝延伸长度约 200m，裂缝宽度一般 1~3cm，最宽处达 5~6cm，裂缝两侧路面出现明显沉降，沉降高差 1cm 左右（照片 3-3-4）。据观察，沿线修建的公路保坎也有轻微变形，有沿保坎沉降缝错动迹象，最大错动距离 2~3cm。

（2）滑坡体中前部松散层产生的局部土溜。该处土层厚度大于 5m，地形坡角 35~40°，由于修建房屋，原有斜坡被开挖成陡壁状，加之雨季雨水下渗和斜坡体上部居民生活污水排泄不畅，陡壁已于 2003 年 11 月 12 发生坍塌，坍塌方量约 50m³，（照片 3-3-5），在大雨和雨季时，随时可能发生更大面积的土溜，摧毁陡壁前房屋，直接威胁房屋内四户居民，人口 14 人。

表 3-3-1 茶土坡滑坡（土层滑坡）滑带土物理力学性质一览表

原 样 编 号	含 水 量 ω_0 (%)	密 度 ρ_0 g/cm^3	比 重 G_s	饱 和 度 S_r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e_0	压缩试验		抗 剪 强 度(快剪)				抗 剪 强 度(多次剪)				备 注
							压缩 模量 E_s (Mpa)	压缩 系数 $a_v(0.1\sim 0.2)$ (Mpa^{-1})	天然状态		饱和状态		天然状态		饱和状态		
									内摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kp_a)	内摩擦角 Φ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kp_a)	内摩擦角 Φ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kp_a)	

ZK1-2	20.8	2.03	2.74	90	39	0.631	6.17	0.26	15.5	76	11.7	41	12.3	47	9.5	26	
ZK2-1											11.3	36			9.8	20	
ZK3-3											13.5	31			10.5	14	
ZK4-6	30.5	1.93	2.74	98	46	0.853	5.26	0.35	13.2	27	12.4	18	11	15	11	13	
样本数	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
平均值	25.65	1.98	2.74	94.00	42.50	0.74	5.72	0.31	14.35	51.50	12.23	31.50	11.65	31.00	10.20	18.25	

（3）西侧冲沟内基岩出露可见岩石向临空方向产生弯曲拉裂，拉张裂缝上宽下窄，一般宽度 0.5~3cm，延伸长度 50cm~100cm，一般贯穿层面。在临空面上可见岩层产状发生明显变化，岩层倾角从 23°左右向 7°左右转变（照片 3-3-6）。

（4）东侧冲沟壁从人工开挖的剖面可清楚看到：滑坡后缘岩体由于卸荷松动产生变形，滑坡体区外基岩完整，区内岩土体破碎，产状混乱，明显有上部岩土体塌落充填拉张裂缝的迹象，充填宽度 0.5~1.5m，可见高度 3m（照片 3-3-7）。该处倾倒拉裂变形体纵向长约 15m，高约 5m，横向可见宽度约 5m，体积 375m³，该变形破裂体产生崩滑的可能性极大。开挖剖面靠前侧浅表岩体发生明显的倾倒拉裂（照片 3-3-8），岩层产状由 210∠7°变为 160∠30°，靠后侧沿拉裂缝发育有一小型浅沟。

照片 3-3-4 诗城路路面裂缝

照片 3-3-5 局部土溜现象

照片 3-3-6 西侧沟壁岩体弯曲拉裂

照片 3-3-7 滑坡区内岩土体混乱

照片 3-3-8 拉张裂缝

2.3.2.2 滑坡影响因素分析评价

（1）地层岩性：滑坡区内地层为 T_{2b}³ 组的泥灰岩、灰岩与局部泥岩互层，岩石软硬相间，中发育多组构造裂隙，破坏了岩体的完整性，为岩质滑坡的形成提供了物质来源。

（2）岩土体结构：滑坡区历经多期构造活动的改造，区内岩体发育多组节理裂隙，起控制作用的主要是倾向南西（240∠75°）和南东（150∠60°）的陡倾角裂隙以及层面裂隙（330∠5~10°）。这些裂隙的发育，为地下水的运行指明了方向，同时加速了岩石沿裂隙面的风

化和溶蚀，促进岩体中软弱结构面的形成和连通，为岩质滑坡的产生提供了控制面。

（3）地形地貌：滑坡区位于长江北岸斜坡上，地势北高南低，斜坡坡角较大，坡体平均坡角 30°，高者达 38°左右，前缘一带由于人工开挖，形成高陡临空面，为滑坡特别是上覆松散层滑坡的产生提供可能性。

（4）人类工程活动：茶土坡滑坡发育在斜坡上，斜坡被后期人为改造后，茶店小区移民迁建楼修建在斜坡中部，并有沿江公路从坡体中部横穿而过。公路上侧斜坡坡角一般 26~30°，下侧坡角 28~38°。目前，斜坡体上仍在进行某些工程建设，肆意的开挖切坡和爆破以及后缘加载，对滑坡体稳定极为不利。

（5）奉节地区降雨充沛，雨水入渗后，特别是松散坡体稳定性变差，对滑坡的形成起着重要的作用。另外，地震对滑坡的稳定性也有一定影响。

2.3.2.3 滑坡成因机制分析

滑体周边出露基岩岩层走向呈近东西向，倾向坡内，岩层产状 330∠5~15°，岩体中多组裂隙发育，其中倾向南西（240∠75°）和南东（150∠60°）的两组陡倾裂隙和平缓层面裂隙占据优势，加速了岩体沿裂隙面的风化和溶蚀，使岩体更加松动、破碎。当岩体松动到形成最软弱结构面时，地下水便沿此结构面活动，于是松动岩体便在重力和地下水的作用下，沿软弱结构面向临空方向发生蠕滑，随着变形的加剧，不连续软弱面逐渐连通，形成均质滑带，在暴雨或地震时，滑面抗剪强度急剧下降，上部松动岩体发生滑移破坏，滑坡产生。另外，岩质潜在滑体上覆的松散土体由于地形坡度较陡，在坡角开挖或雨水的作用下，易沿层状碎裂岩体顶面产生向临空方向的蠕滑。

2.3.3 滑坡稳定性分析评价

2.3.3.1 滑坡变形动态分析

目前滑坡地表已出现明显变形迹象，即诗城路路面出现沉降裂缝，滑坡体西侧沟壁岩体出现弯曲拉裂，东侧沟壁则由于卸荷松动产生岩体产状混乱以及出现倾倒拉裂变形体等。另外，2003 年 11 月 12 日滑坡体前部松散层出现局部土溜，坍塌方量约 50m³，直接威胁四

户居民。说明目前滑坡体正处于蠕滑变形阶段，随着时间推移，变形会日渐加快加大，特别是 xx 水库蓄水后，更加速了岩体内部软弱面的连通，滑坡的稳定性也将明显下降。

2.3.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面：

本次计算采用勘探纵剖面 I-I 作为计算剖面（图 3-3-1、2）。

图 3-3-1 茶土坡滑坡稳定性计算条分图(1)

图 3-3-2 茶土坡滑坡稳定性计算条分图(2)

（二）计算方法：

滑坡滑动面近似折线型，采用 Bishop 法和传递系数法计算，按照《重庆市 xx 滑坡危岩勘查规定》（试行）推荐公式对滑坡的稳定性及推力进行计算。计算公式参见港航砖厂滑坡一节。

（三）计算工况：

茶土坡滑坡的稳定性将受 xx 库水位的影响，根据茶土坡滑坡的受力特征及其可能出现的荷载情况组合，稳定性计算中主要考虑暴雨、库水位及地震等影响。该滑坡前缘长江的平水期水位约在 138.5m，故本次计算中工况一和工况二只考虑工况一：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨

工况三：自重+地表荷载+动荷载+175m 水位+5 年一遇暴雨

工况四：自重+地表荷载+动荷载+175m→145m 水位+5 年一遇暴雨

工况五：自重+地表荷载+动荷载+175m→145m 水位+地震+5 年一遇暴雨

滑体上覆建筑物荷载按 10kN/层·m 考虑，地震水平加速度系数取为 0.1。

（四）计算结果：

本次稳定性计算结果见下表：

表 3-3-2 茶土坡滑坡稳定性计算成果表											
剖 面		计算参数						稳定性系数(Bishop 法/传递系数法)			
		γ (kN/m³)		C (kPa)		φ (°)		工况一	工况三	工况四	工况五
		天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和				
I-I剖面	主滑面	21.8	22	55	40	26	24	1.120/ 1.146	1.059/ 1.039	1.039/ 1.019	0.951/ 0.993
	次级滑面	20.7	21	38	32	23	21	1.074/ 1.150	1.013/ 1.008	0.960/ 0.983	0.935/ 0.955

表 3-3-3 茶土坡滑坡主滑面剩余下滑推力计算成果表									
工 况	条块号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾角(°)	内聚力	内摩擦角(°)	稳定系数	安全系数	剩余下滑力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	1285.151	25.211	52.520	55.000	26.000	1.146	1.20	-544.203
	2	2891.266	21.268	50.625	55.000	26.000			617.631
	3	5759.772	24.983	47.159	55.000	26.000			2382.085
	4	6158.932	20.135	44.983	55.000	26.000			4328.575
	5	10218.993	24.905	41.199	55.000	26.000			7153.970
	6	9499.355	19.162	36.688	55.000	26.000			8898.678
	7	12970.984	24.097	34.480	55.000	26.000			10996.302
	8	13091.809	33.569	28.114	55.000	26.000			10285.274
	9	16924.736	28.825	20.588	40.000	24.000			8715.503
	10	10493.854	22.912	15.188	40.000	24.000			6394.312
	11	6065.839	18.799	12.348	40.000	24.000			4565.540
	12	4456.758	15.652	10.961	40.000	24.000			3049.515
	13	1957.014	12.626	10.439	40.000	24.000			2125.981
III	1	1285.151	25.211	52.520	55.000	26.000	1.039	1.20	-544.203
	2	2891.266	21.268	50.625	55.000	26.000			617.631
	3	5759.772	24.983	47.159	55.000	26.000			2382.085
	4	6158.932	20.135	44.983	55.000	26.000			4328.575
	5	10218.993	24.905	41.199	55.000	26.000			7153.970
	6	9499.355	19.162	36.688	55.000	26.000			8898.678
	7	12970.984	24.097	34.480	55.000	26.000			10996.302
	8	13105.785	33.569	28.114	40.000	24.000			11586.406
	9	16968.123	28.825	20.588	40.000	24.000			10684.080
	10	10546.959	22.912	15.188	40.000	24.000			9178.719
	11	6113.092	18.799	12.348	40.000	24.000			8048.395
	12	4493.080	15.652	10.961	40.000	24.000			7070.695
	13	1973.711	12.626	10.439	40.000	24.000			6405.669
IV	1	1285.151	25.211	52.520	55.000	26.000	1.019	1.15	-595.196
	2	2891.266	21.268	50.625	55.000	26.000			505.883
	3	5759.772	24.983	47.159	55.000	26.000			2062.667
	4	6158.932	20.135	44.983	55.000	26.000			3797.617
	5	10218.993	24.905	41.199	55.000	26.000			6303.393
	6	9499.355	19.162	36.688	55.000	26.000			7799.591
	7	12970.984	24.097	34.480	55.000	26.000			9551.526
	8	13114.258	33.569	28.114	40.000	24.000			10047.487

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
					(kPa)				
	9	16981.611	28.825	20.588	40.000	24.000			9218.307
	10	10552.934	22.912	15.188	40.000	24.000			7896.362
	11	6108.699	18.799	12.348	40.000	24.000			6869.695
	12	4485.656	15.652	10.961	40.000	24.000			5945.189
	13	1968.362	12.626	10.439	40.000	24.000			5248.716
V	1	1285.151	25.211	52.520	55.000	26.000	0.993	1.10	-628.518
	2	2891.266	21.268	50.625	55.000	26.000			433.889
	3	5759.772	24.983	47.159	55.000	26.000			1860.958
	4	6158.932	20.135	44.983	55.000	26.000			3466.789
	5	10218.993	24.905	41.199	55.000	26.000			5786.580
	6	9499.355	19.162	36.688	55.000	26.000			7151.048
	7	12970.984	24.097	34.480	55.000	26.000			8726.847
	8	13114.258	33.569	28.114	40.000	24.000			9135.351
	9	16981.611	28.825	20.588	40.000	24.000			8295.955
	10	10552.934	22.912	15.188	40.000	24.000			7014.038
	11	6108.699	18.799	12.348	40.000	24.000			6017.373
	12	4485.656	15.652	10.961	40.000	24.000			5113.027
	13	1968.362	12.626	10.439	40.000	24.000			4426.113

表 3-3-4 茶土坡滑坡次级滑面剩余下滑力计算表									
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	886.351	22.429	53.186	38.000	23.000	1.150	1.20	-226.238
	2	2463.948	21.359	37.315	38.000	23.000			148.889
	3	1790.535	16.938	32.774	38.000	23.000			23.832
	4	2891.901	23.318	36.520	38.000	23.000			231.979
	5	3538.477	21.216	43.593	38.000	23.000			1276.135
	6	6506.306	25.929	39.998	38.000	23.000			3157.040
	7	3347.083	31.731	21.080	38.000	23.000			1469.135
	8	8446.178	31.847	32.081	38.000	23.000			2696.318
	9	6821.912	25.552	30.076	38.000	23.000			3280.336
	10	4891.627	19.438	19.133	32.000	21.000			2403.511
	11	4008.453	15.819	13.747	32.000	21.000			1490.682
	12	1818.715	12.686	11.810	32.000	21.000			843.370
III	1	886.351	22.429	53.186	38.000	23.000	1.008	1.20	-226.238
	2	2463.948	21.359	37.315	38.000	23.000			148.889

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	3	1790.535	16.938	32.774	38.000	23.000			23.832
	4	2891.901	23.318	36.520	38.000	23.000			231.979
	5	3538.477	21.216	43.593	38.000	23.000			1276.135
	6	6506.306	25.929	39.998	38.000	23.000			3157.040
	7	1469.135	31.731	21.080	38.000	23.000			1469.135
	8	8450.958	31.847	32.081	38.000	23.000			2753.155
	9	6876.910	25.552	30.076	32.000	21.000			4286.565
	10	4960.738	19.438	19.133	32.000	21.000			4106.455
	11	4062.935	15.819	13.747	32.000	21.000			3642.766
	12	1843.760	12.686	11.810	32.000	21.000			3211.994
IV	1	886.351	22.429	53.186	38.000	23.000	0.983	1.15	-261.718
	2	2463.948	21.359	37.315	38.000	23.000			74.207
	3	1790.535	16.938	32.774	38.000	23.000			-96.568
	4	2891.901	23.318	36.520	38.000	23.000			120.297
	5	3538.477	21.216	43.593	38.000	23.000			1037.473
	6	6506.306	25.929	39.998	38.000	23.000			2716.099
	7	3347.083	31.731	21.080	38.000	23.000			1050.520
	8	8452.071	31.847	32.081	38.000	23.000			2092.903
	9	6877.872	25.552	30.076	32.000	21.000			3500.984
	10	4957.267	19.438	19.133	32.000	21.000			3457.308
	11	4055.085	15.819	13.747	32.000	21.000			3055.771
	12	1837.133	12.686	11.810	32.000	21.000			2635.113
V	1	886.351	22.429	53.186	38.000	23.000	0.955	1.10	-285.010
	2	2463.948	21.359	37.315	38.000	23.000			33.405
	3	1790.535	16.938	32.774	38.000	23.000			-159.714
	4	2891.901	23.318	36.520	38.000	23.000			72.820
	5	3538.477	21.216	43.593	38.000	23.000			914.537
	6	6506.306	25.929	39.998	38.000	23.000			2477.039
	7	3347.083	31.731	21.080	38.000	23.000			841.123
	8	8452.071	31.847	32.081	38.000	23.000			1761.744
	9	6877.872	25.552	30.076	32.000	21.000			3092.541
	10	4957.267	19.438	19.133	32.000	21.000			3064.162
	11	4055.085	15.819	13.747	32.000	21.000			2678.942
	12	1837.133	12.686	11.810	32.000	21.000			2265.795

2.3.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

茶土坡潜在岩质滑坡在工况一时稳定系数 $K=1.120/1.146$ ，处于基本稳定状态，工况三时稳定系数 $K=1.059/1.039$ ，处于潜在不稳定状态，工况四时稳定系数 $K=1.039/1.019$ ，处于潜在不稳定状态，工况五时稳定系数 $K=0.951/0.993$ ，处于不稳定状态；潜在土层滑坡在工况一时稳定系数 $K=1.074/1.150$ ，处于潜在不稳定状态，工况三时稳定系数 $K=1.013/1.008$ ，处于潜在不稳定状态，工况四时稳定系数 $K=0.960/0.983$ ，处于不稳定状态，工况五时稳定系数 $K=0.935/0.955$ ，处于不稳定状态。

根据地面调查，结合滑坡稳定性计算结果：茶土坡滑坡整体在天然状态下处于基本稳定状态，但在暴雨或集中雨季时，尤其是土层滑坡和东侧沟壁后缘变形破裂体的稳定性急剧下降，处于极不稳定状态。

2.3.4 滑坡库岸塌岸预测

2.3.4.1 滑坡库岸基本特征

滑坡库岸总长 340m，为土质库岸，分布于滑坡前缘及两侧。坡面形态呈陡斜坡，高程 150m 至 200m，地形较陡，坡角 26~36°，局部达 40°。斜坡物质组成以粉质粘土为主，夹少量块碎石。茶土坡滑坡岸坡形态呈斜坡状。高程 130~150m，为阶地平台，坡角 5~10°，台面宽 50~100m，物质组成为冲积(Q_4^{al})成因。高程 150~200m，为崩坡积斜坡，坡角 26~36°，物质组成主要为棕黄色粉质粘土，稍湿，局部湿润，可塑-硬塑状态，厚度 3~10m 不等，粉质粘土之上局部有人工填土和生活垃圾等，厚度一般为 0.5~2m。粉质粘土下部为块碎石土，碎石成分主要为灰色、黄褐色泥灰岩、灰岩，多呈棱角状、次棱角状，大小差异较大，一般为 0.5~17cm，偶见少量块石粒径达 25cm，多为全一强风化，比较破碎，含量 50~80% 不等。据探井揭露，块碎石土以下为大块石土，成分为泥灰岩、灰岩，粒径达 1m 以上，其间夹有少量粉质粘土，块石含量达 90% 以上。

2.3.4.2 塌岸的主要形式及成因

根据岸坡工程地质条件与变形机制，茶土坡滑坡塌岸属滑移型。茶土坡滑坡库岸在自然状态下洪水期有塌岸发生，向下为漫滩。

斜坡前部由于人工开挖建房，多形成近于直立的陡坡。在库水的影响下，滑坡体前缘容易局部或整体产生滑移变形。这一类型虽然至一定阶段就停止了，但由于影响较大，因而对滑坡影响也最明显。

岸坡的形态、物质组成及岩性组合、结构面及其组合、地质构造与地震、人类工程活动以及库水位的消涨等是影响塌岸的主要因素。而库水位的消涨是影响塌岸的主要外部因

素，其影响主要表现在以下几个方面：

1. 库水的长期浸泡，使得岸坡岩土体的强度降低，当岩土体强度降低到一定程度时，岸坡将产生坍塌或者局部的滑移变形；
2. 库水波浪的冲刷作用，使得岸坡产生侵蚀型再造；
3. 库水位在短时间内的回落，使得岸坡岩土体中的地下水不能及时的消散，将在岸坡形成动水压力，导致岸坡产生失稳破坏。

2.3.4.3 塌岸预测

茶土坡滑坡库岸采用卡丘金图解法（图 3-3-3）。

图 3-3-3 茶土坡滑坡塌岸预测图解

根据对滑坡前缘库岸自然坡角的量测与经验建议值对比，采用图解法绘出岩、土体在不同特征水位，即 145m 高程以下、145~175m 高程之间、175m 高程以上各段稳定坡角。长江沿岸目前护岸高程已达 150m，所以 145m 高程以下不存在塌岸问题。145~175m 高程之间岸坡岩土体主要为第四系崩坡积层，取推荐稳定坡角建议值 20°，175m 高程以上岸坡岩土体为碎裂岩体，取推荐稳定坡角建议值 30°，最后以各段稳定坡角连线，得出滑坡库岸塌岸线。据此可量取茶土坡滑坡库岸塌岸最终宽度为 239m，高程为 302m。

2.3.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.3.5.1 滑坡危害性分析

奉节新县城茶店小区修建于茶土坡滑坡体上，建筑物和人群高度集中，部分楼房紧邻陡坡建筑，沿江大道从滑坡体上经过，1#公路桥修建于滑坡边界上。滑坡一旦失稳，将对该区人民的生命、财产安全造成极大的损失，交通瘫痪，对社会稳定也带来极为不利的影响。

2.3.5.2 实物指标调查

茶土坡滑坡主要威胁永安镇茶店小区安居工程居民楼 6 栋 548 户，1918 人，楼房为框架结构面积 6295m²，砖混结构面积 21511.8m²；茶店 1、2 社居民 35 户，151 人，房屋为砖混结构面积 8124m²；茶店小区商贸城居民楼有 150 户，702 人，楼房框架结构面积 7733.4m²，砖混结构面积 2328.3m²；丰田房产公司居民楼有 5 栋 434 户，1887 人，楼房为砖混结构面积 34303m²。

威胁渝一巴二级公路长 800m，三级公路长 600m，一号桥一座长 70m，通信线 13 段，长 570m。

总计楼房框架结构面积 14018.4m²，砖混结构面积 66267.1m²，居民 1167 户，4658 人。

折合总费用 8000 万元。

2.3.6 防治方案比较与建议

2.3.6.1 防治方案分述

（1）工程治理：

支挡：滑坡体前部和后部需分别支挡，即诗城公路内外两侧。前缘支挡工程对潜在岩质滑坡和潜在土层滑坡均起作用，部位设在高程 160~170m 一带，支挡长度 340m，采用抗滑桩支挡，桩径 2.00×3.00m，桩心距 6m，锚固深度 10~12m，平均桩长 35m，共 57 根，需钢筋砼 11970m³，按 1200 元/m³ 综合计价，费用为 1436.4 万元；连系梁钢筋砼 1000m³，费用为 120 万元。前部支挡工程费用为 1556.4 万元；后部支挡工程主要对后部土体起支挡作用，支挡部位设在高程 245~255m 一带，支挡长度约 185m。采用抗滑桩支挡，桩径 2.00×3.00m，桩心距 6m，锚固深度 8~10m，平均桩长 20m，共 31 根，需钢筋砼 3720m³，按 1200 元/m³ 综合计价，费用为 446.4 万元；连系梁钢筋砼 500m³，费用为 60 万元。后部支挡工程费用为 506.4 万元。在两排抗滑桩之间均设置桩间挡墙，挡墙厚 0.5m，高 2m，需钢筋砼 336m³，按 1000 元/m³ 综合计价，费用为 33.6 万元。

支挡工程总费用为 2096.4 万元。

削坡和护坡：滑坡中下部进行浆砌石护坡，护坡方量 8000 方，按 178.83 元/m³ 综合计价，费用为 143 万元。滑坡中后部进行削坡，削坡方量 1.2 万方，按 11.01 元/m³ 综合计价，费用 13.2 万元，滑坡体后部坡体进行护坡，护坡方量 1800 方，费用 32 万元。滑坡中后部削坡护坡工程费用为 45.2 万元。削坡护坡总费用为 188.2 万元。

局部变形破裂体（危岩）清除：滑坡后缘高陡危岩需进行清除处理，清除方量 200 方，按 30 元/m³ 综合计价，需费用 0.6 万元。

排水：沿滑坡体后缘修建截水沟 280m，滑坡体上修建截水沟 220m，按每米 300 元综合计价，费用约为 15 万元。

工程治理总费用：2300.2 万元。

（2）搬迁避让：滑坡威胁到常住人口约 4658 人，楼房框架结构面积 14018.4m²，砖混结构面积 66267.1m²，威胁渝—巴二级公路长 800m，三级公路长 600m，一号桥一座长 70m，通信线 13 段，长 570m。共计财产约 4000 万元，搬迁避让费用和损失在 1.8 亿元左右。

（3）监测预警：布置地表变形监测点 3 个，大地形变控制点 3 个，深部位移监测点 3 个。深部位移监测点设置深度 30m，按每米 1000 元计算，费用为 9 万元。9 个滑坡监测点一年的监测费用为 8 万元。

2.3.6.2 防治方案比较与推荐意见

xx 新县城用地紧张，茶土坡滑坡所在茶店小区属移民迁建区，搬迁避让难度较大，建议对滑坡采取工程治理防治方案，同时，加强监测预警，做到防治结合，尽可能减少灾害发生时带来的损失。

2.3.6.3 规划建议

（1）茶土坡潜在滑坡体整体在天然状态下处于基本稳定状态，但局部地段目前已变形破坏严重，应尽快进行工程治理。

（2）滑坡治理工程，应跟城市规划建设相结合，并严格限制和禁止在滑坡区内修建不利于滑坡稳定的工程设施。

（3）尽快完善滑坡的动态监测系统和加强预警工作。

（4）为达到防灾减灾的目的，需进一步查明滑坡的成因机理，建议尽早开展滑坡灾害治理工程地质勘查工作。

（5）本次规划阶段钻孔最深打到 40.2m，所见岩石局部仍有风化破碎带，完整岩芯不连续，建议在详勘阶段增加钻探深度和数量，了解深部岩石分布情况，以查证是否存在更深的滑动面。

2.4 严家坡滑坡

2.4.1 严家坡滑坡地质特征

2.4.1.1 滑坡空间形态

严家坡滑坡位于 xx 新县城城区，地处长江左岸，距 xx 水库大坝 158km，所属 1/1 万图幅为口前幅，滑坡地理坐标为：X：3336150，Y：36643055。

该滑坡以中部冲沟为界分为东、西两个滑坡，地貌上均呈缓倾斜坡，斜坡坡度 15° 左右，由于人工开挖，现斜坡呈 3 级陡坎及平台，陡坎开挖高度在 10~20m 左右。两滑坡平面上呈扇形，两侧均有冲沟围切，后侧壁为圈椅状拉张裂缝，前缘剪出口部位弧形特征明显。

东西两侧滑坡后缘均位于斜坡陡缓相交处，陡坡坡度 25~30°，缓坡坡度 10~15°，前缘则以沿江大道为界，顺长江方向展布。西侧滑坡后缘高程 285~290m，前缘高程 170m，东西宽 240m，南北长 330m，平均厚度 45m，面积 7.92×10⁴m²，体积 356.4×10⁴m³；东侧滑坡后缘高程 275m~280m，前缘高程 160m~175m，东西宽 130m，南北长 290m，平均厚度 50m，面积约 3.77×10⁴m²，体积 188.5×10⁴m³（照片 3-4-1）。

照片 3-4-1 严家坡东侧滑坡整体地貌

2.4.1.2 滑坡物质组成及结构特征

（1）滑体

据地面调查、探井、钻探资料及电测深物探解译成果，严家坡滑坡为基岩切层深层滑坡，滑体土主要由第四系松散堆积的粉质粘土、碎块石土及碎裂层状岩体、块裂层状岩体组成。

粉质粘土为灰黄色，稍湿，可塑，含角砾碎石，碎石成分为灰色泥灰岩、浅褐色泥岩，强—中风化，次棱角状，含量 30~35%左右。主要分布在滑体表层，厚度 0~3m。

碎块石土厚度 3~6m，多为灰色、灰白色，成分为泥灰岩，中—弱风化，较坚硬，碎石粒径 3~20cm，块石多为 20~40cm，最大 60cm 左右，含量约 70%，块径大小不均，无分选性。充填灰色、褐色粉质粘土，湿，软塑—可塑状。

碎裂层状岩体及块裂层状岩体分布广泛，为滑体的主要组成物质，碎裂层状岩体厚 11~25m，块裂层状岩体厚 10~25m，岩体成分多为灰色泥灰岩、泥质灰岩，薄—中厚层状，强—中风化，由于陡倾裂隙及层面切割而呈碎裂结构或块裂结构，较破碎，但总体上保留了原有岩体的层状结构。

（2）滑带

根据钻孔、浅井揭露资料，两个滑坡均存在三级滑带，第一级滑带即为松散堆积物与碎裂岩体接触带，据探槽 YJTC5 在 4m 位置处揭露：该带物质为黄色粉质粘土，夹大量全—强风化泥岩，稍湿，松散，遇水易软化，据地表露头，该带多见架空现象，混杂有滑体碾磨的碎屑土，局部见镜面擦痕（照片 3-4-2）；第二级滑带则位于碎裂层状岩体与块裂层状岩体之间的软弱夹层，据竖井 YJTJ1 在 13m 位置处揭露：该软弱夹层为灰黄色粉质粘土，稍湿，可塑—软塑，夹角砾碎石，角砾碎石多为次棱角状，次圆状，局部有磨圆，成分为

照片 3-4-2 严家坡滑坡一级滑面

照片 3-4-3 严家坡滑坡二级滑面

照片 3-4-4 严家坡滑坡三级滑面

灰色泥灰岩及灰白色方解石，强—中风化，含量 45%左右，局部角砾及方解石压碎呈碎屑状（照片 3-4-3）；第三级滑带为块裂层状岩体与较完整基岩的接触带，据 YJZK2 钻孔在 46m 位置揭露：该带粉质粘土可塑，较硬，夹强风化泥岩碎片，碎石角砾呈次棱角状、

次圆状，成分为中风化的泥灰岩，含量在 40%左右（照片 3-4-4）。勘探揭示的滑带特征见表 3-4-1。

根据勘探揭露：西侧滑坡三级滑面埋深分别为 4.5~12.7m、13.4~26.9m、36.3~39.2m，东侧滑坡三级滑面埋深分别为 8.04~11.1m、23.9~35.5m、50.6~53.65m，对应于三级滑面均存在三个潜在的剪出口，西侧滑坡三个潜在的剪出口高程分别为：250m、187m、160m；东侧滑坡三个潜在的剪出口高程分别为：212m、198m、172m。

滑带在空间形态上均呈缓倾圆弧曲线，在滑坡后缘坡度较陡，在 35°左右，在滑坡中前部略缓，约 15~20°。

表 3-4-1			钻孔（探井）揭露软弱层特征一览表	
勘察点 编号	软弱层		软弱层 厚 度 (m)	软弱层特征描述
	埋藏 (m)	高程 (m)		
严家坡东侧滑坡				
YJZK1	8.04	220.96		粉质粘土，黄色、灰黄色，可塑状，含灰黑色泥灰岩角砾，砾径 1~5cm 左右，次棱角状。
YJZK1	35.5	193.5	2.0	粉质粘土，黄色，稍湿，可塑，含角砾及碎块石，砾径 2~10mm、3~5cm 不等，含量达 45%左右，角砾碎石呈次圆状。局部可见方解石，有压碎迹象。
YJZK1	53.65	175.6	2.25	灰色粉质粘土，较坚硬，遇水易软化，夹灰色泥灰岩碎石，次棱角状，碎石角砾有磨圆，局部可见轻微擦痕。
YJZK2	11.1	256.9		粉质粘土，灰色，硬塑状，胶结一般，遇水易软化。含泥灰岩碎石，砾径 1~2cm，次棱角状，含量 15%左右。
YJZK2	23.9	244.1	1.0	粉质粘土，灰黄色、黄色，硬塑状，具钙化现象，胶结较好，但易碎散，遇水易软化。局部见碎裂泥灰岩，充填有泥质及方解石。
YJZK2	50.6	217.4	1.9	粉质粘土，灰色，可塑-硬塑，遇水易软化，含泥灰岩碎石角砾，碎石表面见蜡状光泽。
严家坡西侧滑坡				
YJZK3	23.6	207.03	3.0	黄色、黄褐色粘性土夹灰岩、泥灰岩角砾，具搓揉磨光现象，土呈可塑状，稍湿，碎石角砾含量 5%左右。
YJZK3	39.2	191.43	1.0	粉质粘土，黄褐色、灰黄色，稍湿，软塑-可塑状态，夹灰色泥灰岩角砾，砾径 3~9cm 左右，含量 10~15%，局部可见蜡状光泽。
YJZK4	12.7	262.3	1.3	浅黄色粉质粘土，干燥，松散，含角砾碎石，成分为灰白色泥灰岩，强风化，次棱角状，砾径 1~5cm 左右，含量 10~15%。
YJZK4	26.9	248.1`	1.3	黄色粉质粘土，湿，软塑—可塑状，夹碎石角砾，次棱角状，砾径 1~2cm 左右，含量 45%，局部可见磨光现象。

YJZK4	36.3	238.7	1.5	黄色粉质粘土，硬塑状，脆性，易碎散，遇水易软化。
YJTJ1	6.6	276.4		黄褐色粉质粘土，软塑状，稍湿，含角砾碎石，成分为灰岩、泥灰岩，强风化，次圆状，磨圆较好，碎石含量 40% 左右，局部见镜面擦痕。
YJTJ1	13.4	269.6	0.4	灰色粉质粘土，硬塑状，钙质胶结较好，易碎散，局部见方解石等矿物。
YJTC5	4.5	225	0.5	黄色粉质粘土，夹大量全—强风化泥岩，稍湿，松散，遇水易软化，据地表露头，该带多见架空现象，混杂有滑体碾磨的碎屑土，局部见镜面擦痕，倾角 5°。

（3）滑床

两滑坡体的滑床均由三叠系中统巴东组三段（T_{2b}³）的灰色泥灰岩、泥质灰岩组成，中风化，较坚硬完整，局部有陡倾裂隙发育，发育密度较小，延伸短，多闭合。局部夹有强风化的泥灰岩，泥质含量较高，岩体多较破碎。

两滑坡体滑床由于局部褶皱、挤压等外动力地质作用，基岩产状存在一定的起伏变化，但整体较平缓，产状略倾山内。其中西侧滑坡基岩产状为 S80°W∠11°，东侧滑坡基岩产状为 N20°W∠10°。

2.4.1.3 滑坡水文地质

滑坡区内滑体主要由第四系松散堆积的粉质粘土、碎块石土及碎裂、块裂层状岩体组成。松散堆积物碎块石含量大，孔隙率高，地层透水性好，含水性弱。碎裂（块裂）层状岩体中陡倾裂隙发育，又多与层面相互切割，成为地下水的流动通道，因此含水水性也较弱，在层状岩体裂隙中可见方解石脉，部分岩体有溶蚀孔洞，证明地下水的活动痕迹。

滑坡区主要发育有三条冲沟，分布于滑坡两侧，由北向南约 165° 方向流入长江，沟谷横断面呈“V”字形，切割深度约 3~10m，宽 2~15m，纵坡降 10~100‰。三条冲沟均系季节性冲沟，旱季为干沟，雨季沟谷内才有流水，暴雨时冲沟内地表水水位可涨至 3m 左右。东侧及中部冲沟主要用于排泄大气降水及生活废水，西侧冲沟内常年有工业污水流过。

滑坡区内地下水位埋深较深，据 YJZK01 号钻孔资料，该钻孔钻进至 45m 处冲洗液 1~2 小时后全部漏光，继续钻进至 52m 冲洗液经过一晚后漏光，从以上资料分析，该区埋深 52m 左右透水性相对较弱，区内无相对稳定的地下水位。

根据相邻地带白衣庵滑坡区资料，该滑坡区内地下水渗透系数为 K=0.4m/d。

2.4.1.4 滑带土物理力学性质

本次勘查共在探井和钻孔中采取滑带土样 10 组，其物理力学性质见表 3-4-2。

2.4.2 滑坡形成机制

2.4.2.1 滑坡变形特征及发育史

严家坡滑坡区存在的变形迹象主要表现为：1、浅表临空岩体倾倒拉裂，2、深部层状碎裂岩体层间错动，3、前缘滑移弯曲，4、后缘滑移拉裂。

（1）浅表临空岩体倾倒拉裂

在滑坡体临空面附近，普遍可见倾倒拉裂变形迹象，前部层状岩体倾倒，岩层产状由 5° 转至 21° 左右，后部拉裂，表层拉裂缝张开 3~5mm 左右，向下张开宽度逐渐缩小直至闭合(照片 3-4-5)。

（2）深部层状碎裂岩体层间错动

在滑坡体中部见层间错动迹象，岩层局部挤压褶皱，产状起伏变化，在层间错动带内多处形成架空现象，并夹杂有碾压形成的碎屑，局部挤压错动形成光面擦痕，部分层间错动带附近还形成有雁列破劈理（图 3-4-1）。

（3）前缘滑移弯曲

西侧滑坡前缘明显存在滑移弯曲变形迹象，岩层产状变化大，由正常的缓倾山内，倾角 5° 逐渐隆起而后转为向山外陡倾，倾角 55° 左右（图 3-4-2）。

（4）后缘滑移拉裂

西侧滑坡后缘发育拉张裂缝宽 1~2m 左右，可见深 2m 左右，在滑坡后缘呈圈椅状基本贯通；东侧滑坡后缘发育拉张裂缝宽 3~4m，可见深 4~5m 左右，在滑坡后缘呈圈椅状贯通（照片 3-4-6）。

照片 3-4-5 倾倒拉裂变形迹象

照片 3-4-6 滑坡后缘拉张裂缝

图 3-4-1 滑坡中部层间错动

图 3-4-2 滑坡前缘滑移弯曲

表 3-4-2

xx 严家坡滑坡滑带土物理力学性质统计表

原样 编号	取样 深度 (m)	土依规 范分类 GB/T 50123- 1999	含水 量 ω ₀ (%)	密 度 ρ ₀ g/cm ³	比 重 G _s	饱 和 度 S _r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	液 限 ω _L (%)	塑 限 ω _p (%)	塑 性 指 数 I _p	液 性 指 数 I _L	压 缩 试 验		抗 剪 强 度							
													压 缩 模 量 E _s (Mpa)	压 缩 系 数 a _{v0.1~0.2} (Mpa ⁻¹)	快 剪		多次剪		饱和直剪		饱和多次剪	
															内摩 擦角 Φ (°)	内聚 力 C (kp _a)	内摩 擦角 φ (°)	内聚 力 C (kp _a)	内摩 擦角 φ (°)	内聚 力 C (kp _a)	内摩 擦角 Φ (°)	内聚 力 C (kp _a)
严家坡东侧滑坡二级滑面滑带土																						
YJZK01-1	22.70-23.00	粉质粘土	23.2	2.05	2.74	98	39	0.647	32.2	18.4	13.8	0.35	4.56	0.36	20.0	25	17.5	20	18.4	19	16.3	17
严家坡东侧滑坡三级滑面滑带土																						
YJZK01-2	53.40-53.65	粉质粘土	18.8	1.94	2.74	76	40	0.678	30.9	18.2	12.7	0.05	5.60	0.30	16.7	36	13.5	28	14.2	31	13.7	19
YJZK02-1	46.00-46.20	粉质粘土	22.3	2.10	2.74	103	37	0.596	33.5	19.0	14.5	0.23	4.41	0.36	10.5	32	8.0	18	9.2	22	7.0	10
		统计数目	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		平均值	20.6	2.0	2.7	89.3	38.9	0.6	32.2	18.6	13.6	0.1	5.0	0.3	13.6	34.0	10.8	23.0	11.7	26.5	10.4	14.5
严家坡西侧滑坡一级滑面滑带土																						
YJTC05-1	4.00-4.30	粉质粘土							27.9	16.7	11.2								11.3	24	10.5	11
YJTJ01-1	2	粉质粘土	22.5	1.90	2.74	80	43	0.767	31.4	17.9	13.5	0.34	3.86	0.46	9.5	22	7.4	15	8.5	17	7.0	10
		统计数目	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
		平均值	22.5	1.9	2.7	80.4	43.4	0.8	29.7	17.3	12.4	0.3	3.9	0.5	9.5	22.0	7.4	15.0	9.9	20.5	8.8	10.5
严家坡西侧滑坡二级滑面滑带土																						
YJZK03-1	15.40-15.60	粉质粘土	23.9	2.02	2.74	96	40	0.681	33.0	18.5	14.5	0.37	5.42	0.31	15.7	24	12	17	13.8	21	12.5	14
YJZK03-2	21.7-22.0	粉质粘土	22.7	2.06	2.74	98	39	0.632	32.8	18.1	14.7	0.31	5.28	0.31	17.5	17	12.5	14	14.2	15	13.5	11
YJTJ01-2	13.00-13.40	粉质粘土	19.5	1.95	2.74	79	40	0.679	31.7	18.9	12.8	0.05	6.26	0.27	11.3	39	8.5	20	9.4	24	7.5	11
		统计数目	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		平均值	22.0	2.0	2.7	91.1	39.9	0.7	32.5	18.5	14.0	0.2	5.7	0.3	14.8	26.7	11.0	17.0	12.5	20.0	11.2	12.0
严家坡西侧滑坡三级滑面滑带土																						
YJZK04-1	36.00-36.30	粉质粘土							30.9	17.4	13.5								12.5	27	11.0	13
YJZK03-3	43.6-43.9	粉质粘土	21.8	2.07	2.74	98	38	0.612	31.4	17.9	13.5	0.29	8.17	0.20	14.8	29	11.5	18	12.7	23	11.5	15
		统计数目	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
		平均值	21.8	2.1	2.7	97.6	38.0	0.6	31.1	17.6	13.5	0.3	8.2	0.2	14.8	29.0	11.5	18.0	12.6	25.0	11.3	14.0

岩、灰岩力学强度较高,属脆性岩石,其组成的岩层抗风化能力强;软弱岩类如泥灰岩、薄层泥岩等力学性质较差,抗风化能力弱,岩层多破碎,甚至形成软弱泥化夹层,成为滑

2.4.2.2 滑坡影响因素分析评价

滑坡的稳定性与诸多因素有关,如岩性及其组合、构造、地形地貌、气象水文、水库蓄水及人类工程活动等,这些因素均在一定程度上控制和影响着滑坡体的变形及发展。

(1) 岩性及其组合

岩性及其组合特征对滑坡体的影响和控制是明显的,其根本原因在于岩层性状的内在差异。严家坡滑坡由较坚硬的泥质灰岩、灰岩及相对软弱的泥灰岩碎裂岩体组成,泥质灰

坡体的潜在滑动面。

(2) 构造 (结构面)

构造（结构面）主要破坏岩石的完整性，使滑坡岩体发生变形破坏，结构面愈密集，变形破裂愈强烈，特别是存在贯穿性好、结合程度差且倾向坡外的结构面时，就更易发生

变形，甚至与软弱夹层贯穿，形成滑动。严家坡滑坡结构面主要有两组，产状分别为 EW/N \angle 65°、N15°E/SE \angle 86°，两组结构面延伸长度一般 1~2m，间距 20~80cm，张开一般 2~5cm，局部被泥质充填，滑坡沿裂缝发生有倾倒拉裂变形迹象，并沿结构面在后缘形成有拉张裂缝。

（3）地形地貌

严家坡滑坡位于长江北岸，为一缓倾坡内的逆向斜坡，斜坡坡度 15~20°左右，高者达 35~40°，加上长江切割及坡脚人工开挖，形成多级高陡斜坡，成为滑坡体的潜在剪出口。

（4）气象水文

奉节地区降雨充沛，集中在 5~9 月，其间多高强度的暴雨，最大日降雨量 106.7mm（1979 年 7 月），暴雨除对滑坡表面土体造成冲刷外，雨水渗入裂隙及潜在滑面，将导致滑面软化，力学性质降低，并可能由于相对隔水层而导致水体滞留，形成高动水压力，从而导致滑坡体变形加剧。

（5）长江水库蓄水及水位变动

长江蓄水至 175m 后，将淹没滑坡体前缘，导致前缘土体坍塌入江中，前部阻碍将不复存在，以至滑坡体将进一步滑移。滑面在水的浸泡下软化，力学性质降低，粘聚力及摩擦系数减小，再加上长江水位由 175m 降至 145m 的水位变动过程中，将产生 30m 左右的动水压力，使得滑坡体下滑力增加，抗滑能力降低，从而导致滑坡体局部乃至整体失稳。

（6）人类工程活动

该滑坡体前缘及中部均存在人工开挖陡坡，人工开挖在滑坡中部形成多级 15~20m 高的陡坎，使得滑坡体形成多个潜在剪出口，并从滑体中部剪出，从而形成多级破坏。

2.4.2.3 滑坡成因机制分析

严家坡滑坡的形成主要可分为三个阶段：首先是成坡阶段，由于河流下切、人工开挖导致岩体临空卸荷，应力释放，而后滑坡体内软硬岩层应力重新调整，产生向临空方向的倾倒拉裂，潜在滑面上随即开始产生蠕滑变形，后缘沿已有结构面拉张；第二阶段为蠕滑拉裂阶段，由于风化、冲刷以及软硬岩体差异变形等因素的影响，潜在滑移面进一步塑性下滑，裂缝逐渐扩大，并向深部扩展，以致岩体从上至下形成破碎（破裂岩体）—较破碎（块裂岩体）—较完整（基岩）的分布规律；第三阶段为贯穿滑移阶段，拉张裂缝由表部逐渐向深部扩张，一直积累到滑坡后缘，形成长大的拉张裂缝，并与潜在滑移面贯通，潜滑面抗滑阻力明显降低，在暴雨、蓄水等不利因素影响下，滑坡体快速下滑失稳。目前滑坡整体处于蠕滑拉裂变形阶段，局部处于滑动失稳阶段。

2.4.3 滑坡稳定性分析评价

2.4.3.1 滑坡变形动态分析

滑坡现阶段变形仍处于蠕滑变形阶段，局部存在有倾倒拉裂、层间错动、滑移弯曲等变形迹象。随着风化、侵蚀等地质作用的加剧，应力加剧调整积累，拉张裂隙进一步扩张，并逐步向深部发展，从而完成整个滑动面的完全贯通；滑坡体内的层间滑动带及软弱夹层受到雨水或库水浸润后易发生软化，从而加剧层间错动的规模及降低其强度，使层面起伏褶皱，形成更多的孔洞并最终产生整体大规模滑移；滑体前缘的滑移弯曲由于受到阻挡，应力无法释放，从而产生弯曲隆起，随着应力在该地段的进一步积累，必将突破弯曲隆起段的抗弯极限，从而导致整个滑坡体从该处溃决剪出。

2.4.3.2 滑坡稳定性评价与分析

（一）计算剖面

本次计算勘察剖面主要选择两个滑坡体的主勘探剖面，其中西侧滑坡计算剖面为 1-1' 剖面，东侧滑坡计算剖面为 2-2' 剖面。剖面条分情况见图 3-4-3 至 3-4-8。

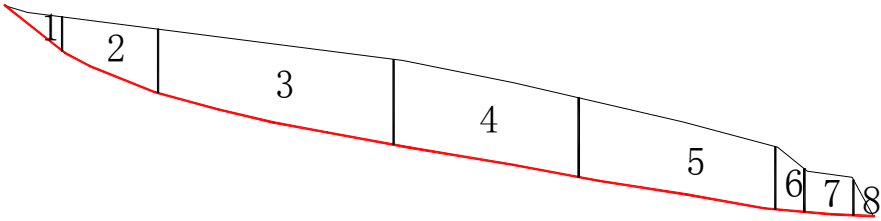


图 3-4-3 严家坡西侧次级滑坡（1-1）条分图

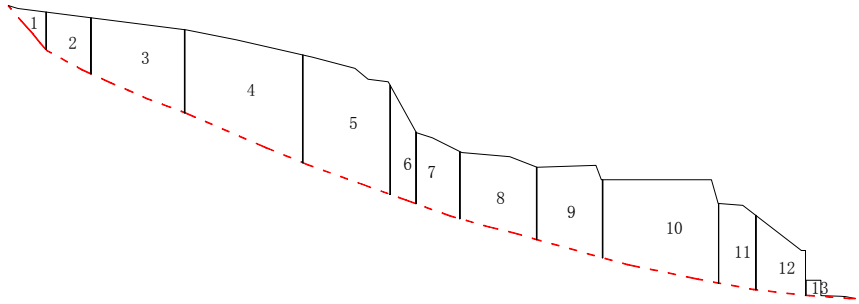


图 3-4-4 严家坡西侧滑坡（1-2）条分图

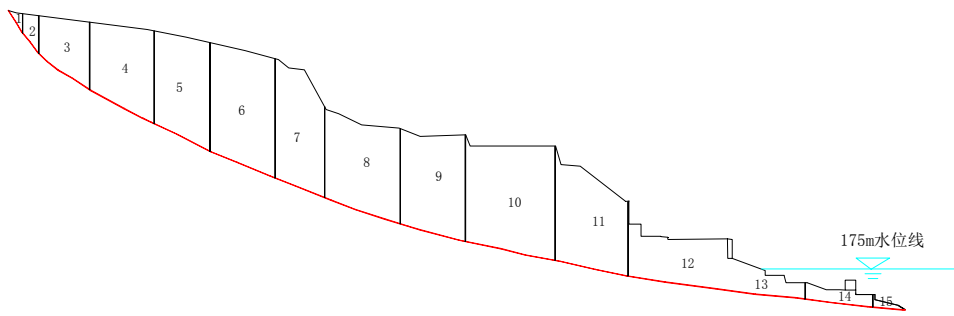


图 3-4-5 严家坡西侧滑坡（1-3）条分图

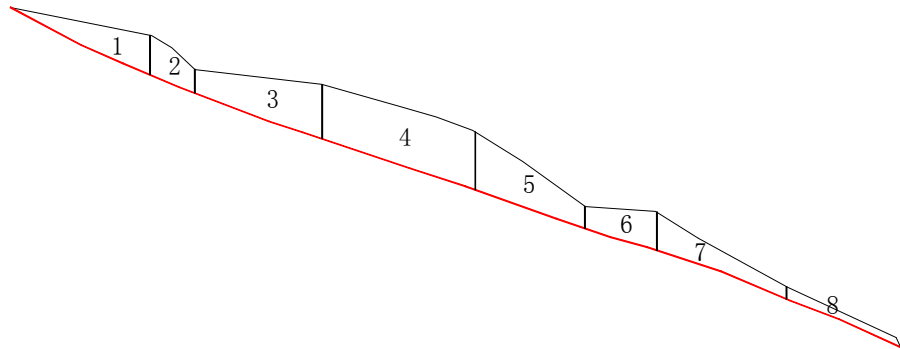


图 3-4-6 严家坡东侧滑坡 (2-1) 条分图

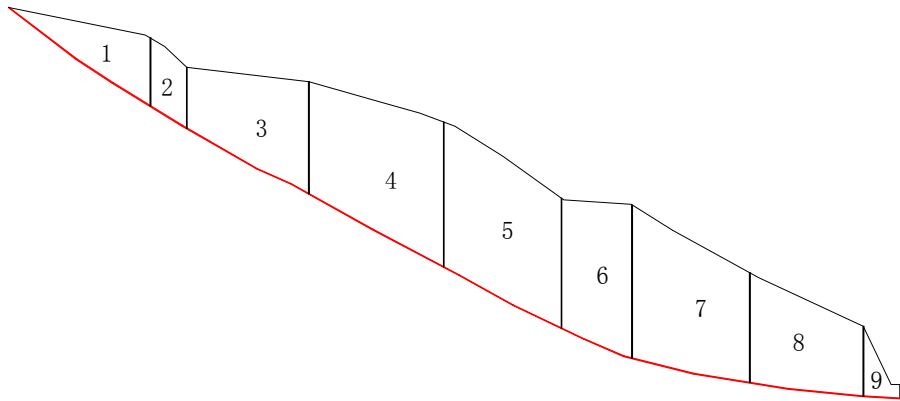


图 3-4-7 严家坡东侧滑坡 (2-2) 条分图

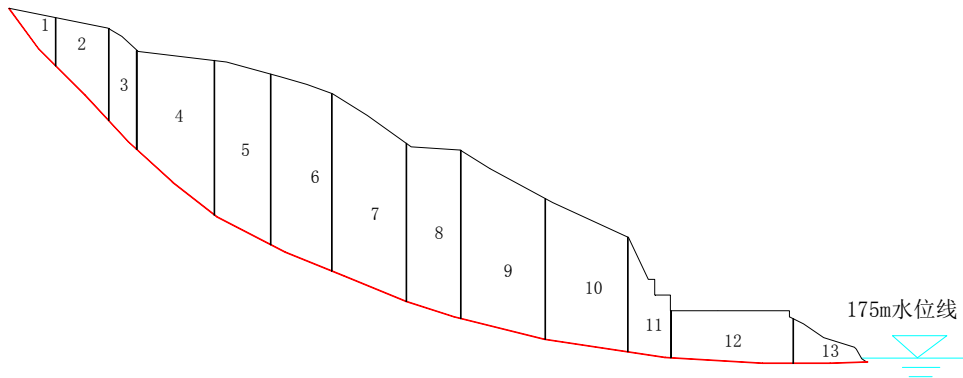


图 3-4-8 严家坡东侧滑坡 (2-3) 条分图

（二）计算工况

严家坡次级滑坡为不涉水滑坡，主要计算三种工况：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+5 年一遇暴雨；

工况二：自重+地表荷载+动荷载+50 年一遇暴雨；

工况三：自重+地表荷载+动荷载+地震+5 年一遇暴雨；

本滑坡为涉水滑坡，主要计算五种工况：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨；

工况二：自重+地表荷载+动荷载+135 米水位+5 年一遇暴雨；

工况三：自重+地表荷载+动荷载+175 米正常水位+5 年一遇暴雨；

工况四：自重+地表荷载+动荷载+175m→ 145m 水位+5 年一遇暴雨；

工况五：自重+地表荷载+动荷载+175m→ 145m 水位+地震+5 年一遇暴雨。

滑体上覆建筑物荷载按 10kN/层·m 考虑，水库水位由 175m 降至 145m 时，坡体内产生动水压力。

（三）计算方法及结果

本次计算中所采用的有关物理力学参数，是根据严家坡滑坡勘查的室内外试验成果、相同地区类似滑坡的工程地质类比、以及参数反演法综合确定，各滑面参数取值见表 3-4-4、3-4-5。按照上述计算公式、计算方案、计算模型和选取的参数，进行滑坡稳定性计算，其结果见表 3-4-3、下滑推力结果见表 3-4-4、5、6、7。

表 3-4-3 严家坡滑坡稳定性系数表

滑坡名称		一般条分法	毕肖普法	传递系数法
严家坡西侧子滑坡 1-1				
不涉水滑坡	工况一	1.47	1.466	1.217
	工况二	1.426	1.424	1.055
	工况三	1.383	1.381	1.099
严家坡西侧子滑坡 1-2				
不涉水滑坡	工况一	1.106	1.093	1.125
	工况二	1.058	1.048	1.080
	工况三	1.056	1.046	1.043
严家坡西侧滑坡 1-3				
涉水滑坡	工况一	1.148	1.111	1.153
	工况三	1.108	1.072	1.134
	工况四	1.108	1.072	1.121
	工况五	1.059	1.028	1.041
严家坡东侧子滑坡 2-1				
不涉水滑坡	工况一	/	/	1.132
	工况二	/	/	1.052
	工况三	/	/	1.054

严家坡东侧子滑坡 2-2				
不涉水滑坡	工况一	/	/	1.071
	工况二	/	/	1.052
	工况三	/	/	1.002
严家坡东侧滑坡 2-3				
涉水滑坡	工况一	1.052	1.045	1.111
	工况三	1.025	1.02	1.108
	工况四	1.039	1.033	1.107
	工况五	1.003	0.998	1.030

表 3-4-4 严家坡西侧滑坡剩余下滑力计算表										
剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
1-1	1	1	1479.461	10.775	38.178	20	14	1.217	1.20	617.690
		2	3968.231	15.294	23.548	20	14			1425.732
		3	12565.184	35.313	12.245	20	14			1387.362
		4	9608.664	27.526	9.852	20	14			943.389
		5	7227.644	29.163	9.175	20	14			337.501
		6	699.234	4.256	4.987	20	14			187.975
		7	878.658	7.217	3.972	20	14			0
		8	149.980	2.913	2.558	20	14			0
	2	1	1542.737	10.775	38.178	20	14	1.055	1.10	639.364
		2	4077.355	15.294	23.548	20	14			1462.480
		3	12841.621	35.313	12.245	20	14			1551.049
		4	9813.818	27.526	9.852	20	14			1304.630
		5	7362.086	29.163	9.175	20	14			847.490
		6	709.952	4.256	4.987	20	14			705.330
		7	890.076	7.217	3.972	20	14			473.866
		8	151.116	2.913	2.558	20	14			389.490
		1	1479.461	10.775	38.178	20	14	1.099	1.10	566.101
		2	3968.231	15.294	23.548	20	14			1324.491
		3	12565.184	35.313	12.245	20	14			1354.524
		4	9608.664	27.526	9.852	20	14			994.499
		5	7227.644	29.163	9.175	20	14			460.184
		6	699.234	4.256	4.987	20	14			319.598
		7	878.658	7.217	3.972	20	14			86.163
		8	149.980	2.913	2.558	20	14			5.344

表 3-4-5 严家坡西侧滑坡剩余下滑力计算表										
剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
1-2	1	1	3562.769	18.887	49.445	25	19	1.125	1.20	1978.511
		2	7290.813	16.690	28.408	25	19			3138.973
		3	20265.406	33.223	22.474	25	19			5027.913
		4	30398.018	41.632	22.975	25	19			8603.409
		5	23538.664	30.321	19.959	25	19			9701.205
		6	5640.420	8.965	19.890	25	19			9949.564
		7	7460.286	15.186	18.864	25	19			9978.841
		8	13624.433	25.893	15.179	25	19			9071.979
		9	13159.703	22.341	15.392	25	19			8781.277
		10	25416.174	38.683	12.269	25	19			6724.303
		11	7474.569	12.351	10.355	25	19			5696.210
		12	6070.253	16.376	6.205	25	19			4179.311
		13	1143.823	16.215	3.748	25	19			3547.125
1-2	2	1	3562.769	18.887	49.445	25	19	1.08	1.10	1707.820
		2	7290.813	16.690	28.408	25	19			2572.927
		3	20265.406	33.223	22.474	25	19			3710.376
		4	30509.625	41.632	22.975	25	19			6335.012
		5	23809.734	30.321	19.959	25	19			7256.427
		6	5741.950	8.965	19.890	25	19			7532.146
		7	7648.057	15.186	18.864	25	19			7738.372
		8	13855.580	25.893	15.179	25	19			7043.449
		9	13256.170	22.341	15.392	25	19			6638.094
		10	25458.855	38.683	12.269	25	19			4158.649
		11	7494.206	12.351	10.355	25	19			3088.971
		12	6062.901	16.376	6.205	25	19			1576.186
		13	1138.904	16.215	3.748	25	19			962.202
1-2	3	1	3562.769	18.887	49.445	25	19	1.043	1.10	1805.796
		2	7290.813	16.690	28.408	25	19			2852.760
		3	20265.406	33.223	22.474	25	19			4536.048
		4	30398.018	41.632	22.975	25	19			7759.529
		5	23538.664	30.321	19.959	25	19			8717.608
		6	5640.420	8.965	19.890	25	19			8929.587
		7	7459.706	15.186	18.864	25	19			8928.092

剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
		8	13621.515	25.893	15.179	25	19			8057.069
		9	13157.323	22.341	15.392	25	19			7769.200
		10	25412.879	38.683	12.269	25	19			5862.666
		11	7474.021	12.351	10.355	25	19			4910.752
		12	6069.646	16.376	6.205	25	19			3509.539
		13	1143.751	16.215	3.748	25	19			2908.494

表 3-4-6 严家坡西侧滑坡剩余下滑力计算表										
剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
1-3	1	1	2542.010	21.908	44.334	27	19.73	1.153	1.20	888.154
		2	2445.130	10.220	51.874	27	19.73			2413.090
		3	13334.812	26.906	35.332	27	19.73			6692.875
		4	23005.107	30.530	27.824	27	19.73			11086.227
		5	23146.613	26.730	26.364	27	19.73			15156.033
		6	27339.656	28.971	22.165	27	19.73			17232.068
		7	17404.807	22.311	21.563	27	19.73			18434.533
		8	24690.914	33.519	19.121	27	19.73			18570.143
		9	23794.521	28.288	15.186	27	19.73			16662.867
		10	35745.004	38.498	11.902	27	19.73			11971.633
		11	19064.746	31.280	12.143	27	19.73			9706.847
		12	13400.756	32.601	10.641	27	19.73			7455.137
		13	7356.694	32.409	6.360	27	19.73			5080.248
		14	3625.268	28.593	6.829	27	19.73			3803.230
		15	709.196	13.597	4.767	27	19.73			3272.309
1-3	3	1	2542.010	21.908	44.334	27	19.73	1.134	1.20	888.154
		2	2445.13	10.220	51.874	27	19.73			2413.090
		3	13334.812	26.906	35.332	27	19.73			6692.875
		4	23005.107	30.530	27.824	27	19.73			11086.227
		5	23146.613	26.730	26.364	27	19.73			15156.033
		6	27339.656	28.971	22.165	27	19.73			17232.068
		7	17404.807	22.311	21.563	27	19.73			18434.533
		8	24690.914	33.519	19.121	27	19.73			18570.143
		9	23758.973	28.288	15.186	27	19.73			16587.662
		10	35777.527	38.498	11.902	27	19.73			11935.898
		11	19190.980	31.280	12.143	27	19.73			9888.606
		12	13663.293	32.601	10.641	27	19.73			8047.720

剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
		13	7639.001	32.409	6.360	27	19.73			6193.538
		14	3741.655	28.593	6.829	27	19.73			5145.327
		15	722.347	13.597	4.767	27	19.73			4609.674
1-3	4	1	2542.010	21.908	44.334	27	19.73	1.121	1.150	799.331
		2	2445.130	10.220	51.874	27	19.73			2224.681
		3	13334.812	26.906	35.332	27	19.73			6145.915
		4	23005.107	30.530	27.824	27	19.73			10032.696
		5	23146.613	26.730	26.364	27	19.73			13598.540
		6	27339.656	28.971	22.165	27	19.73			15203.923
		7	17404.807	22.311	21.563	27	19.73			16094.309
		8	24717.313	33.519	19.121	27	19.73			15914.297
		9	23954.037	28.288	15.186	27	19.73			14059.480
		10	36049.184	38.498	11.902	27	19.73			9631.140
		11	19322.383	31.280	12.143	27	19.73			7702.852
		12	13639.000	32.601	10.641	27	19.73			5793.307
		13	7527.224	32.409	6.360	27	19.73			3800.781
		14	3664.681	28.593	6.829	27	19.73			2565.034
		15	700.822	13.597	4.767	27	19.73			2035.456
1-3	5	1	2542.010	21.908	44.334	27	19.73	1.041	1.100	780.413
		2	2445.130	10.220	51.874	27	19.73			2176.103
		3	13334.812	26.906	35.332	27	19.73			6085.430
		4	23005.107	30.530	27.824	27	19.73			10071.314
		5	23146.613	26.730	26.364	27	19.73			13759.392
		6	27339.656	28.971	22.165	27	19.73			15596.233
		7	17404.807	22.311	21.563	27	19.73			16643.918
		8	24717.057	33.519	19.121	27	19.73			16729.166
		9	23953.305	28.288	15.186	27	19.73			15194.219
		10	36048.348	38.498	11.902	27	19.73			11352.140
		11	19322.336	31.280	12.143	27	19.73			9745.905
		12	13639.000	32.601	10.641	27	19.73			8059.213
		13	7527.224	32.409	6.360	27	19.73			6157.997
		14	3664.681	28.593	6.829	27	19.73			5006.312
		15	700.822	13.597	4.767	27	19.73			4459.492

表 3-4-7 严家坡东侧滑坡剩余下滑力计算表										
剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
2-1	1	1	2841.639	34.410	25.695	22	15	1.132	1.20	35.351
		2	1458.977	10.743	22.148	22	15			96.316
		3	5129.566	30.046	19.683	22	15			213.834
		4	8981.823	35.879	18.374	22	15			612.415
		5	4599.604	25.810	19.298	22	15			851.031
		6	2297.421	16.703	16.916	22	15			815.052
		7	3371.491	30.764	20.532	22	15			999.911
		8	750.486	25.797	19.215	22	15			639.057
2-1	2	1	2841.639	34.410	25.695	22	15	1.052	1.10	-87.857
		2	1460.778	10.743	22.148	22	15			10.155
		3	5188.648	30.046	19.683	22	15			70.508
		4	9090.078	35.879	18.374	22	15			392.349
		5	4676.103	25.810	19.298	22	15			621.596
		6	2346.523	16.703	16.916	22	15			611.022
		7	3423.582	30.764	20.532	22	15			795.706
		8	750.492	25.797	19.215	22	15			407.140
2-1	3	1	2841.639	34.410	25.695	22	15	1.054	1.10	-9.712
		2	1458.977	10.743	22.148	22	15			46.737
		3	5129.653	30.046	19.683	22	15			133.311
		4	8983.012	35.879	18.374	22	15			495.941
		5	4600.534	25.810	19.298	22	15			705.408
		6	2297.790	16.703	16.916	22	15			663.877
		7	3371.644	30.764	20.532	22	15			810.299
		8	750.492	25.797	19.215	22	15			442.278
2-2	1	1	5730.220	38.823	34.824	26	20.5	1.071	1.20	1158.595
		2	2687.179	9.805	31.274	26	20.5			1689.947
		3	12268.625	31.881	28.149	26	20.5			3736.221
		4	20201.375	35.312	28.372	26	20.5			7983.691
		5	19099.379	30.539	27.371	26	20.5			11573.537
		6	11621.557	17.665	22.922	26	20.5			12321.499
		7	17962.660	27.692	11.667	26	20.5			8480.869
		8	11815.986	26.044	6.814	26	20.5			5007.868
		9	1591.633	8.696	3.494	26	20.5			4206.948
2-2	2	1	5730.220	38.823	34.824	26	20.5	1.052	1.10	831.367
		2	2687.179	9.805	31.274	26	20.5			1231.419

剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
		3	12271.729	31.881	28.149	26	20.5			2715.620
		4	20260.250	35.312	28.372	26	20.5			6141.695
		5	19180.979	30.539	27.371	26	20.5			9073.557
		6	11671.167	17.665	22.922	26	20.5			9572.827
		7	18030.604	27.692	11.667	26	20.5			5762.421
		8	11851.758	26.044	6.814	26	20.5			2319.397
		9	1594.186	8.696	3.494	26	20.5			1577.009
2-2	3	1	5730.220	38.823	34.824	26	20.5	1.002	1.10	988.948
		2	2687.179	9.805	31.274	26	20.5			1458.948
		3	12269.301	31.881	28.149	26	20.5			3270.296
		4	20204.006	35.312	28.372	26	20.5			7111.329
		5	19100.994	30.539	27.371	26	20.5			10351.497
		6	11622.364	17.665	22.922	26	20.5			11003.616
		7	17963.777	27.692	11.667	26	20.5			7414.549
		8	11816.69	26.044	6.814	26	20.5			4162.479
		9	1591.685	8.696	3.494	26	20.5			3415.170
2-3	1	1	2535.755	23.559	50.965	26	20.5	1.111	1.20	1153.973
		2	8318.187	24.229	46.037	26	20.5			5508.467
		3	6038.367	12.857	45.945	26	20.5			8808.615
		4	21932.168	32.362	40.250	26	20.5			18343.309
		5	20486.459	20.238	27.996	26	20.5			20720.201
		6	23778.068	21.194	23.408	26	20.5			22717.252
		7	28082.607	25.521	22.314	26	20.5			25159.621
		8	19810.727	18.173	17.418	26	20.5			24071.404
		9	29250.082	27.613	13.850	26	20.5			20899.078
		10	24053.939	26.943	8.602	26	20.5			15135.991
		11	7635.376	13.801	7.913	26	20.5			13284.685
		12	13758.857	38.930	2.606	26	20.5			7676.305
		13	4120.073	23.263	-0.936	26	20.5			5351.314
2-3	3	1	2535.755	23.559	50.965	26	20.5	1.108	1.20	1153.973
		2	8318.187	24.229	46.037	26	20.5			5508.467
		3	6038.367	12.857	45.945	26	20.5			8808.615
		4	21932.170	32.362	40.250	26	20.5			18343.311
		5	20486.412	20.238	27.996	26	20.5			20720.086
		6	23754.252	21.194	23.408	26	20.5			22656.984
		7	28025.354	25.521	22.314	26	20.5			24958.355

剖面 编号	工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
		8	19776.859	18.173	17.418	26	20.5			23791.510
		9	29275.498	27.613	13.850	26	20.5			20652.275
		10	24131.754	26.943	8.602	26	20.5			15051.419
		11	7678.560	13.801	7.913	26	20.5			13279.665
		12	13831.432	38.930	2.606	26	20.5			7812.032
		13	4153.759	23.263	-0.936	26	20.5			5529.224
2-3	4	1	2535.755	23.559	50.965	26	20.5	1.107	1.15	1055.489
		2	8318.187	24.229	46.037	26	20.5			5114.144
		3	6038.367	12.857	45.945	26	20.5			8197.546
		4	21932.170	32.362	40.250	26	20.5			17049.387
		5	20486.412	20.238	27.996	26	20.5			19077.498
		6	23754.252	21.194	23.408	26	20.5			20596.930
		7	28046.465	25.521	22.314	26	20.5			22430.148
		8	19807.805	18.173	17.418	26	20.5			21121.189
		9	29296.340	27.613	13.850	26	20.5			17756.791
		10	24113.465	26.943	8.602	26	20.5			12050.994
		11	7671.339	13.801	7.913	26	20.5			10225.191
		12	13819.771	38.930	2.606	26	20.5			4821.747
		13	4130.294	23.263	-0.936	26	20.5			2586.152
2-3	5	1	2535.755	23.559	50.965	26	20.5	1.030	1.10	1026.739
		2	8318.187	24.229	46.037	26	20.5			5015.808
		3	6038.367	12.857	45.945	26	20.5			8048.343
		4	21932.170	32.362	40.250	26	20.5			16801.049
		5	20486.412	20.238	27.996	26	20.5			18937.078
		6	23754.252	21.194	23.408	26	20.5			20642.555
		7	28052.969	25.521	22.314	26	20.5			22728.459
		8	19811.969	18.173	17.418	26	20.5			21664.918
		9	29300.471	27.613	13.850	26	20.5			18748.143
		10	24114.166	26.943	8.602	26	20.5			13486.317
		11	7671.339	13.801	7.913	26	20.5			11810.975
		12	13819.771	38.930	2.606	26	20.5			6692.626
		13	4130.294	23.263	-0.936	26	20.5			4523.433

2.4.3.3 滑坡稳定性综合分析及预测评价

通过对该滑坡进行稳定性计算，其结果表明：严家坡严家坡西侧滑坡整体（1-3）处于

基本稳定状态，但安全储备不高，稳定系数均小于 1.2， 175m 水位降至 145m +地震+5 年一遇暴雨这一特殊工况下处于潜在不稳定状态；上部次级滑坡（1-1）在天然工况处于稳定状态，暴雨等工况下稳定性降低，处于潜在不稳定状态；第二级次级滑坡（1-2）在天然状态下处于基本稳定状态，在暴雨等特殊工况下处于潜在不稳定状态。严家坡东侧滑坡整体（2-3）在天然状态下处于基本稳定状态，水库蓄水后则处于潜在不稳定状态；上部次级滑坡（2-1）在天然工况处于基本稳定状态，暴雨等工况下处于潜在不稳定状态；第二级次级滑坡（2-2）在天然及暴雨等工况下均处于潜在不稳定状态。

据地面调查发现，重庆市 xx 严家坡滑坡近期变形破坏迹象处于起动阶段，后缘存在深 5m、宽 3m 的拉张裂缝，局部存在倾倒拉裂、层间错动等变形迹象，前缘已产生有蠕滑弯曲。这表明，目前滑坡的稳定性较差,滑坡体处于潜在不稳定状态，在长江 xx 工程水库运行之后，该滑坡会加速变形破坏,产生较大规模的滑动。

综上所述,严家坡滑坡在天然状态下，总体处于基本稳定状态，仅在滑坡体后缘、中部及前缘地段由于开挖卸荷、蠕动滑移而产生局部变形破坏；在 xx 水库运行后，严家坡滑坡的整体稳定性降低，处于潜在不稳定状态。因此，应及时进行加固处理，防止滑坡发生。

2.4.4 滑坡库岸塌预测

2.4.4.1 滑坡库岸基本特征

严家坡滑坡库岸段为一向长江方向缓倾的斜坡，总长 350m，高程 142~165m，为土质库岸。斜坡坡度 8~10° 左右，前部由于修建沿江大道，被人工开挖为坡度 80° 以上的陡坡，陡坡高 8~25m 左右，由冲洪积的松散堆积物组成，主要成分为灰黄色的粉质粘土及碎块石土，碎块石成分为泥质灰岩、泥灰岩，次棱角状，强风化，含量 60%左右。滑坡体堆积层下部可见碎裂层状岩体及块裂层状岩体，岩体较破碎，呈薄层状，层面平缓，层厚 5cm，陡倾裂隙发育，但较短小。

2.4.4.2 塌岸的主要形式及成因

根据岸坡工程地质条件与变形机制，严家坡滑坡库岸段塌岸的主要形式为崩塌滑移，由于斜坡前部为人工开挖陡坡，土体松散，在天然及库水冲刷作用下易形成小规模滑塌，残坡积物坍塌后，滑坡前缘失去阻挡，水体浸润滑坡体软弱层从而导致滑坡体产生局部或整体的滑移变形，其破坏形式为牵引式累进破坏。

岸坡的形态、物质组成及岩性组合、结构面及其组合、地质构造与地震、人类工程活动以及库水位的消涨等是影响塌岸的主要因素。而库水位的消涨是影响塌岸的主要外部因素，其影响主要表现在以下几个方面：

- 1. 库水的长期浸泡，使得岸坡岩土体的强度降低，当岩土体强度降低到一定程度时，岸坡将产生坍塌或者局部的滑移变形；
- 2. 库水波浪的冲刷作用，使得岸坡产生侵蚀型再造；
- 3. 库水位在短时间内的回落，使得岸坡岩土体中的地下水不能及时的消散，将在岸坡形成动水压力，导致岸坡产生失稳破坏。

2.4.4.3 塌岸预测

本次塌岸预测主要采用图解法，即将水库蓄水运行后各特征水位（死水位 145m 高程、正常蓄水位 175m 高程）下不同岩、土体的边坡稳定坡角与自然条件、类似情况下的边坡稳定坡角进行类比。综合滑坡不同类型岩土体岸坡在不同水位变动情况下的实测稳定坡角，得出滑坡各类岩土在不同库水位高程下的最终稳定坡角建议值。

根据图切剖面采用图解法（图 3-4-9），得出滑坡库岸段塌岸长度为达 350m，塌岸宽度 291m，塌岸高程 140~229m。库岸坍塌后导致滑坡体被水浸润，软弱面力学性质降低，从而导致滑移塌岸。

图 3-4-9 严家坡滑坡库岸塌岸预测图解

表 3-4-8 各岩土层库水位状态下稳定坡角建议值			
	145m 以下	145-175m	175m 以上
T _{2b} 灰岩	20°	24°	28°
T _{2b} 泥灰岩	18°	22°	27°
Q ₄ ^{el+dl}	11°	19°	25°
Q ₄ ^{al+pl}	9°	13°	20°

2.4.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.4.5.1 滑坡危害性分析

严家坡滑坡位于奉节老县城六号桥附近，滑坡体上分布有耐火厂、油脂公司、xx 石油公司、汽车销售修理厂等重要厂矿，轧钢厂职工宿舍、移民统建房及众多民房，以及俞巴二级公路、六号桥桥梁及桥涵、装卸码头等重要交通设施及公共基础设施，一旦滑坡失稳将造成巨大危害，主要有以下几个方面：

（1）对人民生命财产的危害：滑坡区中前部建筑物密布，居民众多，常住人口近千人，滑坡失稳将造成巨大的人员伤亡及财产损失。

（2）对企事业单位的危害：滑坡失稳将对区内的耐火厂、油脂公司、xx 石油公司、汽车销售修理厂等重要厂矿及企事业单位做成破坏，对生产、生活等造成极大影响，其损失巨大。

（3）对交通运输的危害：滑体失稳下滑造成区内交通中断，城区主干道渝巴公路及渡口、桥梁也将被毁瘫痪。

（4）对城市规划开发建设的危害：滑坡影响到城市功能恢复的规划。滑坡失稳将造成移民区的土地破坏，开发建设用地更加紧张，影响经济发展和建设。

由此可见，一旦滑坡失稳，不仅将对区内企事业单位及居民的生命财产造成重大危害，还将阻断 xx 县内交通及对外联系，使 xx 的经济发展处于瘫痪状态，不仅经济损失高达 1.1 亿元，而且由此带来的社会不安定因素也将严重影响 xx 的持续稳定发展。

2.4.5.2 实物指标调查

经现场实物调查，严家坡滑坡及其影响区危害实物主要包括：

- （1）轧钢厂职工宿舍楼，建筑面积 9408.6m²，居民 129 户 428 人；
 - （2）耐火厂，建筑面积 4200m²，职工 16 户 60 人；
 - （3）油脂公司，建筑面积 4000m²，职工 48 户 192 人；
 - （4）xx 石油站，建筑面积 2300m²，职工 14 户 50 人；
 - （5）玉皇阁加油站，建筑面积 250m²，职工 8 人；
 - （6）汽车销售修理厂，建筑面积 2900m²；轧钢厂办公楼，建筑面积 5000m²；
 - （7）白马小区菜市场，建筑面积 800m²；
 - （8）城区主干道诗城路（属渝巴路的一段），长约 500m；四级公路 5000m；六号桥梁长 105m，桥涵 2 座 20m；
 - （9）通信线 8 段长 320m；装卸码头占地 1200m²。
- 总计建筑面积 25858.6m²，人口 359 户 738 人。折合总费用 11000 万元。

2.4.6 防治方案比较与建议

2.4.6.1 防治方案分述

（1）工程治理

支挡：该滑坡属于深层切层岩质滑坡，滑体厚度大，推力大，且存在多级滑面及多个剪出口，因此，拟对该滑坡采取抗滑桩+削坡工程治理措施：在第二级剪出口一带（高程 190~200m）以上采用削坡方案，将坡度削为 25°左右，经估算，需削土方量 1150m³，需削石方量为 1710m³，以土方 11 元/m³、石方 30 元/m³ 单价计算，削坡共需 1156 万元；在滑坡

前缘诗城路附近设置抗滑桩，两侧滑坡均为方桩，桩断面为 2×3m，其中西侧滑坡桩长 20m，桩线长 240m，桩间距为 6m，需设桩 40 根，东侧滑坡桩长 26m，桩线长 130m，桩间距为 6m，需设桩 22 根，以 1200 元/m³ 的综合单价初步估算，抗滑桩工程共需 988 万元。经初步估算，支挡工程共需 2144 万元。

排水：滑坡中现有纵横的明、暗排水沟均应进行浆砌、补漏防渗，费用约为 25 万元。另需在滑坡区后缘及 220m 高程附近修建排水沟，估算费用为 32 万元。排水工程费用为 57 万元。

工程治理总费用为 2201 万元。

（2）搬迁避让

严家坡滑坡威胁到常住人口 738 人，耐火厂、轧钢厂、油脂公司、xx 石油公司、汽车销售修理厂等重要厂矿，轧钢厂职工宿舍、移民统建房及众多民房，以及渝巴二级公路、六号桥桥梁及桥涵、装卸码头、通信线路等重要交通设施及公共基础设施，共计财产约 6400 万，搬迁避让费用和损失在 1.1 亿元左右。

（3）监测预警

布置地表位移监测点 12 个，深部位移监测点 6 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 1300 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的监测费用为 15.6 万元。

2.4.6.2 防治方案比较及推荐意见

奉节新县城土地短缺，用地紧张，搬迁避让难度较大，根据上述方案的投资比较，监测预警花费最低（15.6 万元），其次为工程治理（2201 万元），搬迁避让花费最高（6400 万）。

但从实际情况考虑，严家坡滑坡位于 xx 六号桥附近，为奉节新县城和老县城交通与信息联系的纽带及桥梁，无论从经济上、交通上来讲，该区域均占有极其重要的地位。工程治理可根治滑坡，并缓解新县城用地紧张的难题，而监测预警虽然投资较小，但难以达到根除滑坡隐患的目的。

从治理花费、治理效果及投资收益等几方面综合考虑，推荐工程治理方案，即采取抗滑桩+削坡的工程治理措施。

2.4.6.3 规划建议

根据本次对严家坡滑坡的规划勘查，得出以下结论及建议：

（1）严家坡滑坡由东西两个滑坡组成，总面积 11.7×10⁴m²，体积 545×10⁴m³；东西两侧滑坡均属于岩质滑坡，存在三级潜在滑面及三个相应的潜在的剪出口；

（2）严家坡滑坡现阶段处于基本稳定状态，存在倾倒拉裂、滑移弯曲、层间错动、拉

张裂缝等多种变形破裂迹象，安全储备不高；水库蓄水至 175m 后，整体稳定性将进一步降低，处于潜在不稳定状态；

（3）建议对严家坡滑坡尽快采取工程治理措施，并加强对滑坡的监测预警工作，治理工程应与城市规划相结合。

（4）滑坡区内应严格限制不利于滑坡稳定的工程建设活动。

（5）为达到防灾减灾的目的，需进一步查明滑坡的成因机理及深部滑带特征，建议尽早开展严家坡滑坡灾害地质勘查工作。

（6）现阶段严家坡滑坡钻孔最深打到 93.5m，所见岩石仍较破碎，且仍存在软弱夹层，建议在详勘阶段增加钻孔深度和钻孔数量，以了解严家坡滑坡深部岩体分布情况，以及查证是否存在更深的滑动面。

2.5 郭家二社滑坡

2.5.1 郭家二社滑坡地质特征

2.5.1.1 滑坡空间形态

郭家二社滑坡位于长江一级支流梅溪河右岸 xx 康乐镇郭家村二、七社,郭家沟与火烧沟之间的山间斜坡地带。滑坡区微地貌整体呈阶梯状。地理坐标 X=3443785，Y=36637136。属（1/1 万）郭家沟图幅。

滑坡前缘高程 162~167m，后缘高程 250~275m，前后缘高差约 100m。滑体向北东倾斜，整体纵坡角 20~30°，前部和后部达 40°，主滑方向 8°。滑坡后缘与基岩陡崖相连，陡崖呈略规则的弧形延展，陡崖高 40 余米，后壁主要受走向 NW290~320°、倾向北东、倾角 65~80°的裂隙控制。滑坡西侧边界明显，走向北 35°西，长约 150m；东侧边界南段为基岩，北段以火烧沟为界，走向由北 45°东转正北，长约 300m（照片 3-5-1）。

滑坡剪出口高程为 162~167m，滑坡纵向中部有一缓坡平台，坡角小于 10°，台面宽一般 50~80m、走向北西—南东向，台面上下为陡斜坡。滑坡前缘宽 420m，后部宽 300 余 m，滑坡面积约 15.2×10⁴m²，体积为 450×10⁴m³。滑坡平面形态呈“半圆形”，为土层间滑动的土质滑坡。

照片 3-5-1 郭家二社滑坡全貌

2.5.1.2 滑坡物质组成及结构特征

（1）滑体

滑体物质成份以粉质粘土夹碎块石为主。粉质粘土呈黄褐色、紫红色，是砂岩、泥岩的风化产物，可塑—硬塑，局部粉质含量较重，含量 60~80%；碎块石呈黄绿色、灰白色，少量为紫红色，一般粒径 0.5 ~45cm，最大粒径达 3.8m，碎块石成分为砂泥岩碎块，呈次棱角状，含量 20~40%。滑体土覆盖于冲洪积层之上，该层结构松散—中密，厚 0~39.2m，中部厚度大。

郭家二社滑坡滑带土（照片 3-5-2）为灰白色高岭土、黄褐色与紫红色粘土夹角砾。高岭土主要分布于上层滑坡的滑动带，含水率高，软塑状。粘土主要分布于下层滑坡的滑动带，为泥岩全风化的产物，湿，呈软塑状；粘土中多含角砾，角砾以泥岩和砂岩为主，呈次棱角状—次园状，表面光滑，有蜡状光泽和擦痕，粒径一般 0.3~3cm，含量 10~30%。滑带土厚 0.1~0.15m。探井和钻孔中的滑面均见清晰擦痕和明显的镜面，GJZK1、GJZK2 揭露滑面埋深分别为 18.2m、39.15m，从后缘至前缘逐渐增大，滑移面倾角前小后大，至滑坡前缘反翘覆盖于砂砾卵石层之上。

（3）滑床

郭家二社滑坡的滑床，在滑体后缘为基岩，中前部为崩坡积层。崩坡积层的岩性为黄褐色、紫红色粉质粘土夹砂岩碎块石，粉质粘土可塑—硬塑状；碎块石呈黄绿色、灰白色，少量为紫红色；成分为砂岩、泥岩碎块石，中等风化，一般粒径 0.5~45cm，碎块石呈次棱角状，含量 10~30%；该层结构中密—密实。下伏基岩为侏罗系中统下沙溪庙组，其岩性为砂、泥岩不等厚互层，砂岩为灰白色、灰绿色长石石英砂岩，中—厚层状，节理裂隙较发育，裂面多为黑褐色，其岩层产状 210~240∠23~29°，基岩强风化层厚度 0.5~8.6m。

照片 3-5-2GJZK1 钻孔揭露的滑带高岭土 照片 3-5-3 滑坡前部建筑拉裂缝

2.5.1.3 滑坡水文地质

勘察区地下水类型主要是松散层孔隙水和基岩裂隙水，含水层水量均贫乏。根据钻孔注水试验及地面调查，滑带土透水能力差，滑坡后部 GJZK3 号钻孔打穿滑带后出现漏水现象，在滑坡前缘剪出口附近渗出，滑坡西侧前缘 175m 高程以下有大片湿地。

地下水的补给主要是大气降水，大气降水的一部份沿地表和冲沟排泄，汇入梅溪河；一部份经地表土体入渗形成地下水。地下水的一部份孔隙水，在剪出口一带以泉的形式排泄；另一部份继续下渗基岩，形成裂隙水，最后排泄到两侧冲沟汇入梅溪河。

滑坡区地表水系主要是梅溪河及滑坡东西两侧深切冲沟火烧沟、郭家沟。郭家沟和火烧沟切割深度 150~250m，沟内常年流水，沟底狭窄，降比 20~30%，沟口有泥石流堆积。两冲沟为区内地表水和地下水的排泄基准面，最终直接排入梅溪河。

2.5.1.4 滑带土物理力学性质

滑带土主要为粘土、粉质粘土，厚度介于 0.1~0.15m 之间。据勘探钻孔和探井及地面调查资料分析，滑坡体现处于变形—蠕动阶段。

在野外采取滑带土原状样 8 组，根据室内试验，其天然密度为 1.92~2.05g/cm³，天然孔隙比 e₀ 为 0.627~0.868，快剪抗剪强度：φ=5.7~15.4°，C=25~56kPa；多次剪抗剪强度：φ=5.0~12.3°，C=14~29kPa。饱和和多次剪抗剪强度：φ=5~11.5°，C=8~19kPa。滑带土的物理力学指标值试验成果见表 3-5-1。

表 3-5-1		郭家二社滑坡滑带土物理力学性质统计表															
原 样 编 号	含 水 量 ω ₀ (%)	密 度 ρ ₀ g/cm ³	比 重 G _S	饱 和 度 S _r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	压缩试验		抗 剪 强 度								备 注
							压缩 模量 E _S (Mpa)	压缩 系数 a _{v(0.1-0.2)} (Mpa ⁻¹)	快剪		多次剪		饱和直剪		饱和多次剪		
									内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	
GJZK1-1	29.3	2.03	2.73	98	40	0.666	6.74	0.25	14.8	46	10.7	29	11.7	23	8	16	
GJZK3-1	25.8	2.01	2.74	99	42	0.715	4.23	0.41	8.5	27	6.5	18	7.3	18	6	8	
GJZK3-2	24.2	2.01	2.74	96	41	0.693	7.22	0.23	12.3	46	8.5	24	10	27	6.5	15	
GJTJ1-1	25.9	2.01	2.74	99	42	0.716	4.66	0.37	9.3	33	7	17	8.2	19	6	13	
GJTJ1-2	26.4	1.99	2.75	97	43	0.747	4.57	0.38	9	30	7.5	21	8	23	5.5	11	
GJZK2-1	22.7	2.02	2.74	94	40	0.664	5.16	0.32	13.5	38	10.7	25	11.5	28	8	15	

GJZK2-2	21.7	2.05	2.74	95	39	0.627	7.46	0.22	15.4	56	12.3	27	12.8	33	11.5	19	
GJZK2-3	30.9	1.92	2.74	98	46	0.868	4.22	0.44	5.7	25	5	14	5.5	15	5	10	
样本数	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
平均值	25.86	2.01	2.74	97.00	41.63	0.71	5.53	0.33	11.06	37.63	8.53	21.88	9.38	23.25	7.06	13.38	
标准差	2.91	0.04	0.01	1.73	2.06	0.07	1.29	0.08	3.22	10.19	2.33	4.91	2.36	5.54	1.96	3.35	
变异系数	0.11	0.02	0.00	0.02	0.05	0.10	0.23	0.24	0.29	0.27	0.27	0.22	0.25	0.24	0.28	0.25	
修正系数	0.87	0.98	1.00	0.98	0.94	0.89	0.73	0.72	0.67	0.89	0.69	0.91	0.71	0.90	0.68	0.90	
标准值	22.54	1.96	2.73	95.02	39.27	0.63	4.06	0.24	7.38	33.55	5.86	19.91	6.67	21.03	4.82	12.03	

2.5.2 坡形成机制

2.5.2.1 滑坡变形特征及发育史

郭家二社滑坡在经历了 2003 年 4-5 月两个月的连续降雨后，滑坡出现大范围变形迹象。近年修建的房屋以及去年修复完工的渝巴公路，均出现裂缝以及墙体错动（照片 3-5-3）；地面裂缝长度 50~100m，裂缝张开宽度一般 1~10cm，最大可达 25cm。地面裂缝的延伸方向近东西向，与滑坡滑动的方向近于垂直，并有下错现象。在滑坡两侧多处发育与滑坡滑动方向近平行的纵向裂缝，渝巴公路路面上每隔 20~40m 就可见纵向拉裂缝，裂缝宽 1~3cm。滑坡近后缘处，新修的砌石水池被拉裂，并发生了错动，张开 5~20cm，错开 5~10cm（照片 3-5-4）。裂缝监测点数据反映，在两次雨量中等的降雨后，滑坡前部的变形裂缝变化明显，10 天（2003.11.1~10）的变形量最大达 5mm，中后部相对较小，约 1mm。滑坡前缘中部在今年 7 月发生小范围的坍塌滑，一砖混结构两间民房南墙被挤垮，垮塌洞直径约 2m（照片 3-5-5）。新近滑坡变形仍在继续发展，房屋、公路变形拉裂缝正逐渐加宽加长。

照片 3-5-4 滑坡后部水池横向拉裂缝 照片 3-5-5 滑坡前部被推毁民房

2.5.2.2 滑坡影响因素分析评价

郭家二社是新的移民点，滑体上不断加载，在连续降雨的诱发下发生变形蠕动，现在仍有变形活动迹象。影响因素主要有以下几方面：

（1）滑体上崩塌堆积和修建新民房加载，增大滑体下滑力，阻滑力不足以抗消时便发生滑移。

（2）大气降水入渗，主要作用是降低滑带土的抗剪强度，增加滑体土的重量及水压力。几十年甚至上百年一遇的大暴雨和持续降雨的影响作用更大。

（3）人类工程活动：第一，居民生产及生活用水的任意排放，增加了地表水的入渗量，

其作用与大气降水的入渗相同；第二，公共设施建设，主要是渝巴公路建设，车辆增多，载重量增加、振动增强，降低滑坡稳定性。

2.5.2.3 滑坡成因机制分析

滑坡后缘陡崖上的砂岩发育有走向 NW290~320°、NE40~60°两组节理裂隙，易发生崩塌，并堆积于地形较缓部位的砂质泥岩的风化残积物之上。后缘崩坡积物的逐年堆积和修建移民房加载，使堆积层中各部位的受力条件发生改变，加之滑体物质结构松散，孔隙率高，有利于地表水的入渗和地下水贮存，增加块碎石土的重度、动水压力及静水压力，同时也使块碎石土中的粉质粘土饱水软化，力学强度降低，在暴雨等诱发因素的触发下，堆积层的下滑力超过抗滑力，再加上前缘临空，因而堆积层产生滑动，形成以推移式为主的牵引滑坡。

2.5.3 滑坡稳定性分析评价

2.5.3.1 滑坡变形动态分析

郭家二社滑坡自形成后处于基本稳定状态，近期地表变形特征明显。因近几年移民迁建安置，对滑坡加载（修建移民住房），搬迁居民大量生活用水直接排放到坡体，使坡体地下水渗入量增加，使滑坡体重量增加、土体力学性质发生改变，强度降低；并且在降雨等外部条件的共同作用下，使滑坡的稳定性降低。裂缝监测点数据反映，在降雨期 10 天（2003. 11. 1—2003. 11. 10）内最大变形量达 5mm。

2.5.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

计算采用勘探 I - I '剖面作为计算剖面。根据滑坡的实际情况，按上下两个滑面计算评价。

（二）计算方法

本次计算采用 Bishop、传递系数法法和一般条分法进行计算，其计算公式和推力计算公式详见港航砖厂滑坡一节。

（三）计算工况

根据滑坡具体情况，确定如下 4 种工况条件：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨

工况三：自重+地表荷载+动荷载+175m 水位+5 年一遇暴雨

工况四：自重+地表荷载+动荷载+175m 水位→145m 水位+5 年一遇暴雨

工况五：自重+地表荷载+动荷载+175m 水位→145m 水位+地震+5 年一遇暴雨。

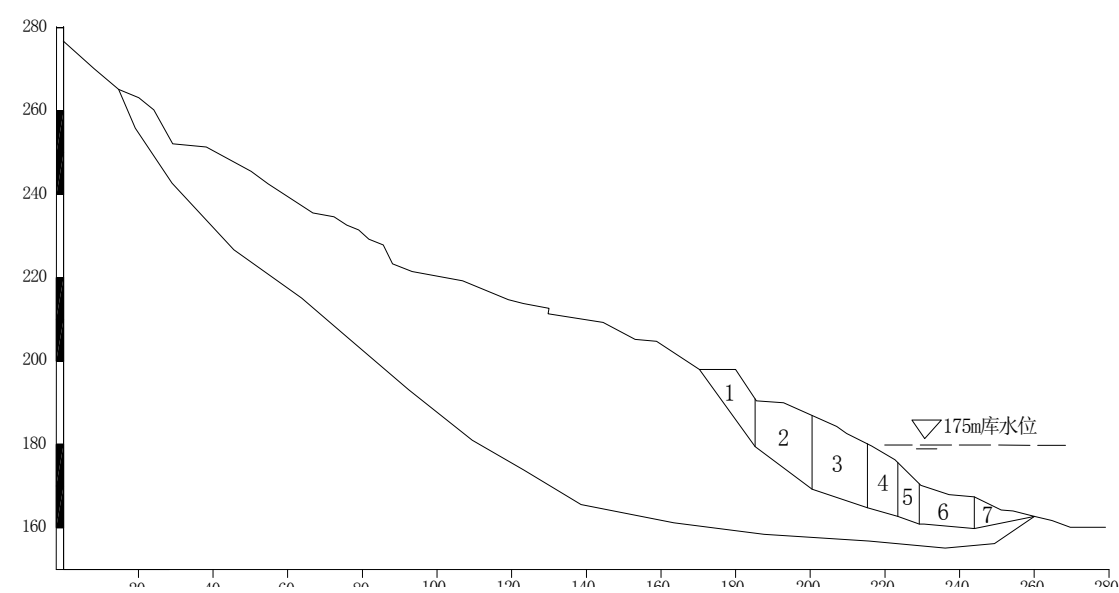


图 3-5-1 郭家二社滑坡计算剖面 1

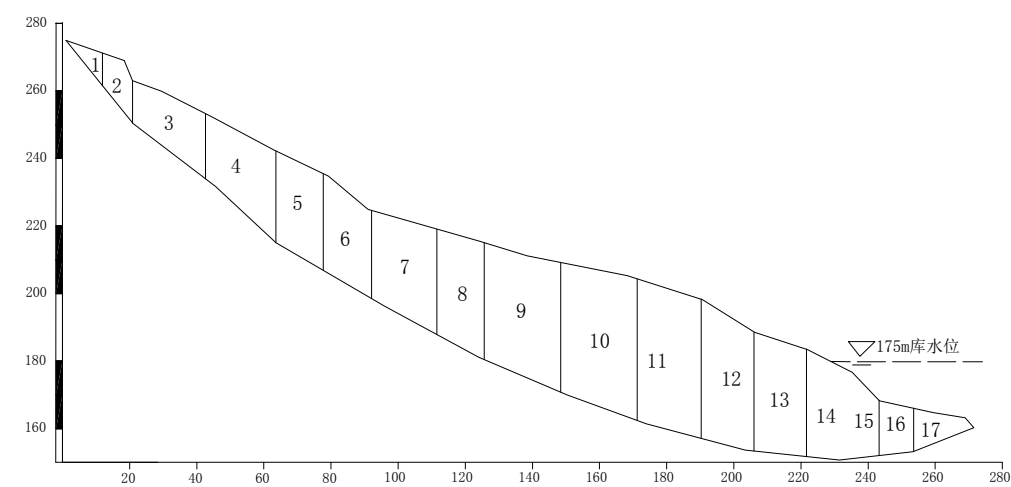


图 3-5-2 郭家二社滑坡计算剖面 2

表 3-5-2

郭家二社滑坡剖面 1-1 剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	3063.661	27.235	45.780	25	15	1.072	1.20	1381.367
	2	5039.489	21.031	33.939	25	15			3013.612
	3	4138.040	13.206	22.911	25	15			3445.783
	4	3957.388	12.440	12.979	25	15			3056.512
	5	1243.475	4.928	10.263	25	15			2864.920
	6	3392.286	17.438	6.014	25	15			2042.632
	7	1101.704	11.603	-19.819	25	15			704.565
III	1	3063.661	27.235	45.780	25	15	0.968	1.20	27.235
	2	5401.494	21.031	33.939	25	15			3295.138
	3	4755.031	13.206	22.911	25	15			4050.789
	4	4686.224	12.440	12.979	25	15			3897.357
	5	1483.991	4.928	10.263	25	15			3776.552
	6	3927.548	17.438	6.014	25	15			3030.722
	7	1266.707	11.603	-19.819	25	15			1449.306
IV	1	3134.718	27.235	45.780	25	15	0.965	1.15	1381.367
	2	5484.396	21.031	33.939	25	15			3295.138
	3	4435.649	13.206	22.911	25	15			4050.789
	4	4161.592	12.440	12.979	25	15			3897.357
	5	1298.845	4.928	10.263	25	15			3776.552
	6	3428.370	17.438	6.014	25	15			3030.722
	7	1005.870	11.603	-19.819	25	15			1449.306
V	1	3135.754	27.235	45.780	25	15	0.903	1.10	1329.178
	2	5485.612	21.031	33.939	25	15			3256.309
	3	4436.272	13.206	22.911	25	15			3856.676
	4	4161.795	12.440	12.979	25	15			3571.088
	5	1298.845	4.928	10.263	25	15			3422.136
	6	3428.370	17.438	6.014	25	15			2695.390
	7	1005.870	11.603	-19.819	25	15			1270.662

续表 3-5-3 郭家二社滑坡剖面 2-2 剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
I	1	944.617	17.188	51.087	26.85	19.5	1.119	1.20	210.402
	2	2105.796	14.214	50.908	26.85	19.5			1319.550
	3	6246.054	27.317	37.254	26.85	19.5			3215.186

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	4	8756.142	28.155	42.070	26.85	19.5			7282.141
	5	7071.589	16.292	30.199	26.85	19.5			8262.582
	6	7114.611	16.670	30.198	26.85	19.5			9931.726
	7	10034.372	22.166	28.569	26.85	19.5			11870.136
	8	8319.500	15.894	27.621	26.85	19.5			13390.402
	9	15124.363	24.761	23.063	26.85	19.5			14595.596
	10	17418.859	24.283	20.260	26.85	19.5			15683.848
	11	15547.163	19.782	15.601	26.85	19.5			15111.193
	12	12225.784	16.183	13.435	26.85	19.5			14447.407
	13	10697.509	15.410	6.005	26.85	19.5			11694.928
	14	7908.927	12.863	3.445	26.85	19.5			9636.732
	15	4323.404	9.170	-6.424	26.85	19.5			7134.816
	16	3492.833	10.429	-6.829	26.85	19.5			5646.198
	17	3138.797	19.254	-21.540	26.85	19.5			2678.400
III	1	944.617	17.188	51.087	26.85	19.5	1.044	1.20	210.402
	2	2105.796	14.214	50.908	26.85	19.5			1319.550
	3	6246.054	27.317	37.254	26.85	19.5			3215.186
	4	8756.142	28.155	42.070	26.85	19.5			7282.141
	5	7071.589	16.292	30.199	26.85	19.5			8262.582
	6	7114.611	16.670	30.198	26.85	19.5			9931.726
	7	10078.298	22.166	28.569	26.85	19.5			11904.987
	8	8741.763	15.894	27.621	26.85	19.5			13755.926
	9	16386.461	24.761	23.063	26.85	19.5			15842.335
	10	18678.459	24.283	20.260	26.85	19.5			17728.109
	11	16566.273	19.782	15.601	26.85	19.5			17688.381
	12	12914.603	16.183	13.435	26.85	19.5			17382.742
	13	11371.785	15.410	6.005	26.85	19.5			14690.331
	14	8492.343	12.863	3.445	26.85	19.5			12790.112
	15	4600.790	9.170	-6.424	26.85	19.5			10082.345
	16	3547.082	10.429	-6.829	26.85	19.5			8593.981
	17	3138.797	19.254	-21.540	26.85	19.5			5242.881
IV	1	944.617	17.188	51.087	26.85	19.5	1.042	1.15	173.651
	2	2105.796	14.214	50.908	26.85	19.5			1201.121
	3	6246.054	27.317	37.254	26.85	19.5			2920.953
	4	8756.142	28.155	42.070	26.85	19.5			6686.848

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	5	7071.589	16.292	30.199	26.85	19.5			7545.535
	6	7114.611	16.670	30.198	26.85	19.5			9035.753(
	7	10174.243	22.166	28.569	26.85	19.5			10841.409
	8	8915.566	15.894	27.621	26.85	19.5			12582.178
	9	16723.549	24.761	23.063	26.85	19.5			14468.808
	10	19055.346	24.283	20.260	26.85	19.5			16107.696
	11	16877.629	19.782	15.601	26.85	19.5			15921.119
	12	13088.575	16.183	13.435	26.85	19.5			15567.115
	13	11381.697	15.410	6.005	26.85	19.5			12862.669
	14	8351.394	12.863	3.445	26.85	19.5			10967.336
	15	4489.501	9.170	-6.424	26.85	19.5			8472.283
	16	3518.906	10.429	-6.829	26.85	19.5			7027.900
	17	3047.563	19.254	-21.540	26.85	19.5			3873.620
V	1	944.617	17.188	51.087	26.85	19.5	0.97	1.10	162.878
	2	2105.796	14.214	50.908	26.85	19.5			1166.550
	3	6246.054	27.317	37.254	26.85	19.5			2872.964
	4	8756.142	28.155	42.070	26.85	19.5			6585.046
	5	7071.589	16.292	30.199	26.85	19.5			7469.944
	6	7114.611	16.670	30.198	26.85	19.5			8976.886
	7	10170.027	22.166	28.569	26.85	19.5			10816.324
	8	8910.122	15.894	27.621	26.85	19.5			12590.307
	9	16715.057	24.761	23.063	26.85	19.5			14598.671
	10	19048.191	24.283	20.260	26.85	19.5			16415.313
	11	16873.682	19.782	15.601	26.85	19.5			16441.398
	12	13087.047	16.183	13.435	26.85	19.5			16271.093
	13	11381.196	15.410	6.005	26.85	19.5			13770.692
	14	8351.382	12.863	3.445	26.85	19.5			12051.283
	15	4489.501	9.170	-6.424	26.85	19.5			9587.601
	16	3518.906	10.429	-6.829	26.85	19.5			8230.487
	17	3047.563	19.254	-21.540	26.85	19.5			5009.047

2.5.3.3 滑坡稳定性综合分析与预测评价

照上述计算工况对滑坡的稳定性进行了计算，详见表 3-5-2、3。

（1）郭家二社滑坡计算剖面 1，在工况一时，稳定性系数为（1.072）、处于基本稳定状态；

工况三时稳定性系数为（0.968）、工况四时稳定性系数为（0.965）、工况五时稳定性系数为（0.903），处于不稳定状态。

（2）郭家二社滑坡计算剖面 2，在工况一时，稳定性系数为（1.119）、处于基本稳定状态；工况三时稳定性系数为（1.044）、工况四时稳定性系数为（1.042），处于潜在不稳定状态；在工况五时稳定性系数为（0.97），处于不稳定状态。

2.5.4 滑坡库岸塌岸预测

2.5.4.1 滑坡库岸基本特征

滑坡库岸总长 650m，为土质库岸，分布于滑坡前缘及前缘两侧。高程 162~200m 地形较陡，坡角 25~30°，局部土坎达 40°，为滑坡前缘；物质组成：粉质粘土夹碎块石为主。高程 140~162m，为被侵蚀堆积平台和漫滩，坡角 5~10°，台面宽 300~500m；物质组成为冲洪积堆积层，略显二元结构。

2.5.4.2 塌岸的主要形式及成因

根据本区岸坡工程地质条件与变形机制，滑坡为土质滑坡，塌岸类型为滑移型：由于受 175m 蓄水的影响，将使局部或整体产生滑移变形。

库水位的消涨是影响塌岸的主要外部因素，其影响主要表现在以下几个方面：

- 1. 库水的长期浸泡，使得岸坡岩土体的强度降低，当岩土体强度降低到一定程度时，岸坡将产生坍塌或者局部的滑移变形；
- 2. 库水波浪的冲蚀作用，使得岸坡产生侵蚀型再造；
- 3. 库水位在短时间内的回落，使得岸坡岩土体中的地下水不能及时的消散，将在岸坡体内形成动水压力，导致岸坡产生失稳破坏。

2.5.4.3 塌岸预测

根据实测地形剖面，利用图解法进行塌岸预测（图 3-5-3）。本区库岸线在 162m 高程以下为被侵蚀的台地和漫滩，地面坡角小于 10°，低于库岸稳定坡角，且地势开阔，故不考虑 162m 高程以下的塌岸。按参数选取以 145~175m 高程之间稳定库岸坡角 16°、175m 高程以上稳定坡角 28°分析，本区库岸塌岸的总宽度 91.6m，塌岸高程为 199.6m。

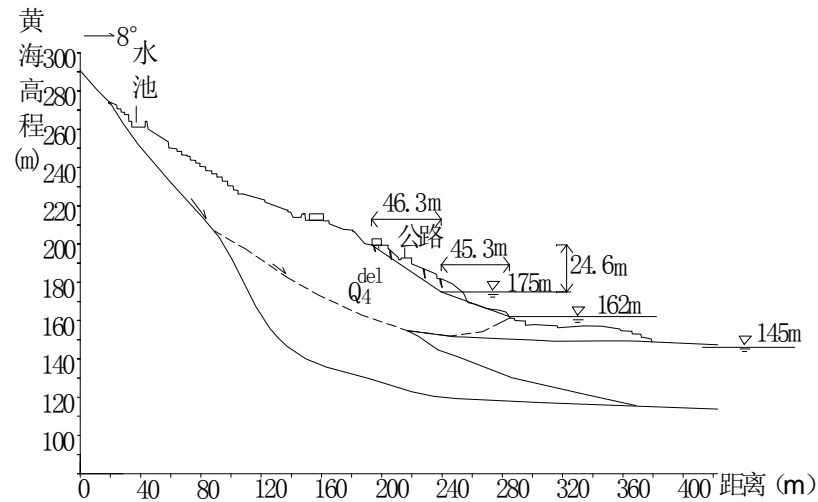


图 3-5-3 郭家二社滑坡库岸塌岸示意图

2.5.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.5.5.1 滑坡危害性分析

郭家二社滑坡前缘剪出口高程 162~167m，后缘高程 275m。在滑体上高程 180~215m 间，是 xx 康乐镇郭家二、七社后靠移民迁建区，现居住有移民 87 户 391 人；xx 到重庆的唯一交通干道渝巴二级公路经过滑坡体中前部。滑坡现处于变形蠕动期，如果滑坡一旦失稳滑动，将给当地居民生命、财产安全造成极大的威胁，给国家造成巨大损失，将严重影响当地的经济发展，给社会带来不安定因素。

2.5.5.2 实物调查指标

通过实地调查登记，对滑坡区及其影响区域实物调查统计，其受威胁的对象有：康乐镇郭家二、七社居民 87 户，人口 391 人；房屋建筑砖混结构面积 8245m²,土木结构面积 3852 m²；水田 111.5 亩，旱地 39.7 亩，菜地 5.8 亩,果园 30.8 亩；渝巴二级公路 600m；水塘一个，规模 500m³；自来水供水管道 400m ；各种线路共长 9.5km：大树电站输送线 1.5km，电压 353 伏，线型 50 线；xx 电力奉节公司 1.5km，电压 1 万伏，线型 50 线；照明线 2km，电压 5 千伏，线型 25 线，50 千伏安配电器一台；国防通讯光缆 1.5km；电话、电视线路各 1.5km。折合总投资 1000 万元。

2.5.6 防治方案比较与建议

2.5.6.1 防治方案分述

（1）工程治理

①填方压脚；在滑坡前缘回填土压脚结合库岸防护，填土高程控制在 178m 左右。填方量 25×10⁴m³，加护坡等估计工程费用 1000 万元。②根据滑坡区的排水实际，拟沿滑坡后缘布设排水沟，新建水沟长 700m，修复原水沟长 550m，估计投资费用 35 万元。综上所述，采用回填压脚+地表排水工程相结合的治理方法，总投资费用 1035 万元。

（2）搬迁避让

从滑坡及影响区实物调查资料表明，滑体上现为库区后靠移民居住区，搬迁需投资 800 万；奉节现唯一出境二级公路渝巴路经过滑坡体，区域地形决定该公路无法绕行，若绕行须开挖 700m 长隧道，投入不低于 2000 万元，以及滑坡体上输电线、国防通讯光缆等的搬迁，将需要更大的投入。搬迁避让直接投资费用和损失估计 3500 万元以上。

（3）监测预警

布置地表位移监测点 12 个，深部位移监测点 3 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 1000 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年监测费用为 12 万元。

2.5.6.2 防治方案比较与推荐意见

通过对上述方案的比较，本着合理有效，节约投资，以及社会效益、环境效益、经济效益相结合的原则，建议采用填方压脚护坡+排水工程的治理方案。监测预警可以做到灾害预报，减少损失，但是无法阻止灾害的发生，可以结合工程治理布设监测点，指导施工和作为治理效果的信息反馈。

2.5.6.3 规划建议

- （1）郭家二社滑坡现处于变形蠕动阶段，滑坡的整体失稳将造成巨大的损失，建议对郭家二社滑坡尽快进行工程治理，治理总费用估算为 1035 万元。
- （2）建议在滑坡区暂停新的移民迁建工作；完善滑坡区内的居民生活、生产用水的排水系统，做好集中排放，减少坡体生活用水的入渗。
- （3）在滑坡区东侧的采石场予以搬迁，或禁止放炮采石。
- （4）郭家二社滑坡现处于变形阶段，应加强对滑坡的动态监测，做好监测预警工作。
- （5）住房变形强烈，成为危房的住户尽快搬迁。
- （6）对郭家二社滑坡在深层滑动面问题，须在下一步勘察工作中进一步认证。

2.6 安渡滑坡

2.6.1 安渡滑坡地质特征

2.6.1.1 滑坡空间形态

xx 安渡滑坡位于 xx 永乐镇安渡 7 社，处于长江右岸。滑坡点所在图幅（1/1 万）为口前幅 H-49-27-(64)，坐标位置：X=3434922，Y= 36641190。滑坡距 xx 大坝坝址 159km。

安渡滑坡分为两个滑坡体，从 xx 长江大桥沿长江向下分别为 1[#]滑坡、2[#]滑坡。（照片 3-6-1）1[#]滑坡主滑方向 330°，滑体呈舌形，滑体长 239m，宽 299.5m，平均厚 25.9m，滑坡面积为 8.78×10⁴m²，体积为 277.4×10⁴m³。前缘（剪出口）高程 137.7m，后缘高程 284.6m，前后缘相

对高差 146.9m，整体坡角 35°；2[#]滑坡主滑方向 355°，滑体呈长舌形，滑体长 135m，宽 100m，平均厚 12 m，滑坡面积为 1.35×10⁴m²，体积为 16.2×10⁴m³。前缘（剪出口）高程 157.7m，后缘高程 251m，前后缘相对高差 93.3m，滑体中后部坡角 42°，中前部坡角 30°。

滑体边界特征：1[#]、2[#]滑坡体之间以冲沟为界，滑坡体间距 20~30m，冲沟沟谷呈“V”字形，沟底宽 7~8m，相对切割深度 8~9m，沟底有 T_{2b}² 紫红色基岩出露，冲沟延伸 40~50m，降雨时沟中有少量水流，冲沟纵比降 300~350‰。冲沟源头向上有基岩出露。2[#]滑坡体右侧为紫红色第四系残坡积层，为松散块碎石土；左侧为基岩；滑体后缘坡体为黄褐色第四系崩坡积层。

1[#]滑坡体两侧为 T_{2b}² 紫红色泥岩出露，其产状 191°∠31°；滑坡体后缘坡体为黄褐色第四系崩坡积层。1[#]、2[#]滑坡体前缘伸入长江。由于长江向下切割侵蚀，滑坡体前缘临空性好。

滑体底界：滑体底界为 T_{2b}² 基岩，在后部及中后部坡角较陡，前部坡角较平缓。1[#]滑体中后部坡角约 39°，前部坡角约 17°。2[#]滑体中后部坡角约 41°，前部坡角约 12°。整个底界面较平滑，无较大起伏。

1[#]滑坡体两个剪出口，即该滑坡有次级滑体产生，次级滑体剪出口高程为 169m，剪出口产状 150°∠10°，略有反翘；主滑体剪出口高程 137.7m，位于库水位以下。2[#]滑坡体前缘剪出口高程 157.7m，剪出口较平直。

滑面位置：据钻孔揭露，2[#]滑体后部滑面埋藏较深，中前部埋深较浅；后部滑面埋深约 15.6m，前部滑面埋深 11.3m，滑面平均埋深 12m。2[#]滑体中前部滑面埋藏较深，中后部埋深较浅；前部次级滑面埋深约 25.0m。主滑面埋深约 33.6m；后部滑面埋深约 18.6m；滑面平均埋深 22m。

照片 3-6-1 安渡滑坡全貌

2.6.1.2 滑坡物质组成及结构特征

（1）滑体

1[#]滑坡体物质主要为：滑体上层为浅黄色到黄褐色碎石土夹大块石，碎石为深灰色泥灰岩，粒径 2~13cm，含量 50~55%，棱角状；块石为灰褐色泥灰岩，粒径 20~35cm，最大块石粒径大于 1m，含量 10~15%，棱角状；土体为黄褐色粉质粘土，稍湿、可塑状。下部为紫褐色、紫红色碎块石土，碎块石为紫红色泥岩，含量 50~65%，土体稍湿—湿、可塑状。

2[#]滑坡体物质主要为：上部为黄褐色碎石土偶夹大块石，碎石为深灰色泥灰岩，粒径 3~18cm，含量 50~60%，棱角状；块石为灰褐色泥灰岩，粒径 20~35cm，含量约 10%，棱角状；土体为黄褐色粉质粘土，稍湿，可塑状。下部为紫褐色、紫红色碎块石土，碎块石为紫红色泥岩，含量 55~65%，土体呈可塑状。

（2）滑带

从剪出口及槽探、钻孔等揭露情况看，（照片 3-6-2、3-6-3、3-6-4、3-6-5 及表 3-6-1）滑带土为暗紫红色碎石土；碎石为紫红色泥岩，含量 60~75%，次棱角状—次圆状，表面磨光且可见光滑镜面。土体为粉质粘土，湿—很湿，呈可塑状态。

（3）滑床

滑床地层为 T_{2b}² 三叠系巴东组二段，岩性为紫红色泥岩夹灰绿色泥岩。在滑床后部，有少量 T_{2b}³ 三叠系巴东组三段深灰色、黄褐色灰岩、泥灰岩。滑床表面强风化，向下渐变为中风化。滑床岩体较破碎，地层产状 189°∠27°。

照片 3-6-2ADZK02 18.6m 处滑带土中磨光的砾石 照片 3-6-3ADZK01 33.6m 处滑带土特征

ADZK3	15.6	221.43	8	0.3	滑带土为紫红色碎石土，碎石直径 2~7cm，岩性为紫红色泥岩，表面有黑色磨光痕迹，含量 50~55%，土体湿、可塑状。
ADTJ1	14.1	163.25	4	1	滑带土为紫红色粉质粘土含碎石，稍湿。碎石为紫红色泥岩，粒径 3~15cm，次棱角状，表面磨光。可见镜面擦痕。

2.6.1.3 滑坡水文地质

从钻孔、探井揭露情况来看，在井深 5~6m 处有渗水点，水量约 0.001L/s，钻孔内未见地下水位。在 1#滑坡体左侧中部，即滑体上部黄褐色底部与下部紫红色块碎石土接触处，有少量渗水点，流量约 0.002L/s。

1#、2#滑坡体之间有一条小冲沟；1#滑坡体上有一条冲沟。两条冲沟在降大雨时有少量水流，平时沟内无水。在 1#、2#滑坡体外两侧的冲沟平时有水，水量约 2L/s。滑坡体上降雨时形成坡面径流。

2.6.1.4 滑带土物理力学性质

滑带土物理力学性质见安渡滑坡滑带土物理力学性质统计表（表 3-6-2）

2.6.2 滑坡形成机制

2.6.2.1 滑坡变形特征及发育史

2#滑坡体后部变形非常强烈（照片 3-6-6、3-6-7）。

（1）2003 年 7 月上旬，由于该滑坡体中前部开挖公路，再加上连续降雨，中后部坡体发生垮塌，滑体后缘产生较大拉裂缝，并呈弧形展布。拉裂缝宽度达 20~35cm，长 25~40m，此处房屋已经倒塌。

（2）在滑体右侧，产生多条剪切裂缝，裂缝宽 5~10cm。在滑坡体中部亦有鼓胀变形现象（照片 3-6-6）。

照片 3-6-6 2#滑坡体后部破坏情况 照片 3-6-7 2#滑坡体破坏堆积情况

表 3-6-1 滑坡勘查部分钻孔（探井）揭露滑面（带）特征一览表

勘察点 编号	滑动面（带）			滑带土 厚度 （m）	滑动面（带）特征描述
	埋深 （m）	高 程 （m）	倾 角 （°）		
ADZK1	33.6	171.85		0.3	滑带土为紫红色碎石粉质粘土。碎石呈次棱角—次圆状，表面磨光，且可见镜面擦痕。
ADZK2	18.6	211.6		0.40	滑带土为紫红色碎石土；碎石为紫红色泥岩，含量 65~75%，次棱角状，表面有黑色磨光痕迹，可见镜面擦痕。土体为粉质粘土，湿，可塑。

1#滑坡体变形迹象也非常明显。

约 65m。（见照片 3-6-8）

（1）在滑坡体后缘右侧，地面下坐形成陡坎，下坐深度达 1m 左右，下坐陡坎延伸长度约 65m。（见照片 3-6-8）
（2）在滑坡体中部 ADZK1 钻孔左侧，坡体产生拉裂缝及垮塌，裂缝宽 10~15cm，长 10~15m，该处房屋已遭破坏。

安渡滑坡滑带土物理力学性质统计表																	
原 样 编 号	含 水 量 ω ₀ (%)	密 度 ρ ₀ g/cm ³	比 重 G _s	饱 和 度 S _r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	压缩试验		抗 剪 强 度(快剪)				抗 剪 强 度(多次剪)				备 注
							压缩 模量 E _s (Mpa)	压缩 系数 a _{v(0.1~0.2)} (Mpa ⁻¹)	天然状态		饱和状态		天然状态		饱和状态		
									内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	
ADTY01	23.4	2.05	2.74	99	39	0.649	5.17	0.32	16.5	37	14.5	29	12.3	27	10.5	17	
ADTY02	23.8	2.04	2.75	98	40	0.669	5.39	0.31	13.8	42	12.7	33	11.7	28	11.5	20	
ADTY03	26.4	1.99	2.74	98	43	0.740	4.39	0.40	14.2	33	13	25	12.4	21	10.0	14	
ADTY04	27.2	1.99	2.75	99	43	0.758	4.72	0.37	9.5	34	8.3	22	7.8	15	8.0	11	
ADTY05	24.9	2.01	2.74	97	41	0.703	4.68	0.36	12.7	31	11	24	9.5	16	9.2	14	
ADTY06	25.3	2.02	2.75	99	41	0.706	7.14	0.24	15.4	48	13.6	34	12.7	22	12.0	13	
样本数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
平均值	25.17	2.02	2.75	98.11	41.29	0.70	5.25	0.33	13.68	37.50	12.18	27.83	11.07	21.50	10.20	14.83	
标准差	1.34	0.02	0.01	0.61	1.29	0.04	0.91	0.05	2.22	5.85	2.03	4.52	1.80	4.92	1.35	2.91	
变异系数	0.05	0.01	0.00	0.01	0.03	0.05	0.17	0.16	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.23	0.13	0.20	
修正系数	1.07	1.02	1.00	0.99	0.96	0.93	1.24	0.78	0.77	0.92	0.77	0.92	0.77	0.89	0.82	0.90	
标准值	27.04	2.05	2.74	97.26	39.48	0.65	6.51	0.26	10.58	34.62	9.34	25.61	8.55	19.08	8.32	13.40	

2.6.2.2 滑坡影响因素分析评价

从自然因素分析，影响滑坡稳定性有暴雨、持续降雨、地震以及水库蓄水浪蚀等。从人为因素分析，在滑坡体上修建房屋、开垦农田（特别是在坡体上开垦水稻田）以及在坡体上修建公路桥梁、开挖坡脚等人类工程活动，也是滑坡稳定程度的重要影响因素。

2.6.2.3 滑坡成因分析

2#滑坡体：从滑坡变形迹象分析，由于后部山体陡峭，坡体在重力的作用下向下发生蠕动变形，其后缘产生拉裂缝；拉裂缝的产生，为地表水、雨水下渗提供了直接的途径，使得坡体下部土质软化，加剧坡体向下蠕滑变形，同时地表水的入渗，增大滑体中孔隙水压力。由于在滑体前部开挖公路形成陡坎，坡体临空面大，后部坡体急剧变形，其形成机制为蠕滑拉裂转为拉裂倾倒型滑坡。

1#滑坡体：从滑坡变形迹象分析，1#滑坡形成机制与 2#滑坡体产生拉裂倾倒前的变形破坏机制相同。由于后部山体陡峭，坡体在重力的作用下向下发生蠕动变形，其后缘产生拉裂缝；拉裂缝的产生，为地表水、雨水下渗提供了直接的途径，使得坡体下部土质软化，加剧坡体向

10~15m，该处房屋已遭破坏。

（3）在滑坡体右侧中部，即冲沟边基岩表部，岩体发生压制弯曲变形，变形基岩后部产生拉裂缝，拉裂缝宽 5~8cm，深约 1.5m。滑坡体上房屋多处开裂破坏，部分居民只能住简易棚布房。值得提及的是：在 2#滑坡体右侧外部，存在较厚的第四系残坡积及崩坡积物，且坡体局部产生垮塌。该处应加强监测或进行简易的工程治理措施（如：修建挡墙、排水沟等，禁止在该处挖土）。

照片 3-6-8 1#滑坡体后部下坐形成的陡坎

下蠕滑变形。当滑体变形发展到一定阶段后，最终滑体从前缘剪出，从而整体失稳。由于在 1#滑坡体上修建公路桥梁，对滑坡体进行开挖，形成高陡边坡，使得坡体局部产生垮塌破坏。综上，该滑坡形成机制为蠕滑拉裂型滑坡

2.6.3 滑坡稳定性分析评价

2.6.3.1 滑坡变形动态分析

从滑坡体前缘目前的变形情况来看，变形程度每年都在加剧，如 1#滑坡体后缘滑体裂缝还在不断加大，有可能再次发生垮塌。2#滑坡体后缘陡坎每年都在下沉，坡体上房屋损坏程度不断加剧，特别在雨季汛期。xx 水库蓄水以后，滑带土滑体前部被水浸泡，物理力学强度降低，滑坡将整体失稳。

2.6.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

本次计算采用勘探纵剖面 I－I’、II－II’作为计算剖面（图 3-6-1、2）。

（二）计算方法

滑坡滑动面近似折线型，采用传递系数法计算，按照《重庆市 xx 滑坡危岩勘查规定》（试行）推荐公式对滑坡的稳定性及推力进行计算。（各类计算公式详见港航砖厂滑坡一节）

（三）计算工况

安渡滑坡前缘长江的平水期水位约在 140.0m，该滑坡的稳定性将受 xx 库水位的影响。根据安渡滑坡的受力特征及其可能出现的荷载情况组合，综合考虑暴雨、库水位及地震等影响因素，该滑坡稳定性计算按下列四种工况考虑：

工况一： 自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨

工况三： 自重+地表荷载+动荷载+175m 正常水位+5 年一遇暴雨

工况四： 自重+地表荷载+动荷载+175~145m 水位+5 年一遇暴雨

工况五： 自重+地表荷载+动荷载+175~145m 水位+地震+5 年一遇暴雨

滑体上覆建筑物荷载按 10kN/层·m 考虑，地震水平加速度系数取为 0.1。

（四）计算结果

本次稳定性计算结果见表 3-6-3、4、5、6。

表 3-6-3 安渡滑坡稳定性计算成果表

剖 面		计算参数						稳定性系数(传递系数法)			
		γ (kN/m ³)		C (kPa)		φ (°)		工况 I	工况Ⅲ	工况 IV	工况 V
		天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和				
I－I’	主滑面	22.1	22.3	40	36	28	26.5	1.070	0.993	0.921	0.897
	次滑面	22.1	22.3	40	36	28	26.5	1.087	1.053	1.016	0.962

II－II’	22.1	22.3	40	36	28	26.5	1.136	1.02	1.015	0.992
--------	------	------	----	----	----	------	-------	------	-------	-------

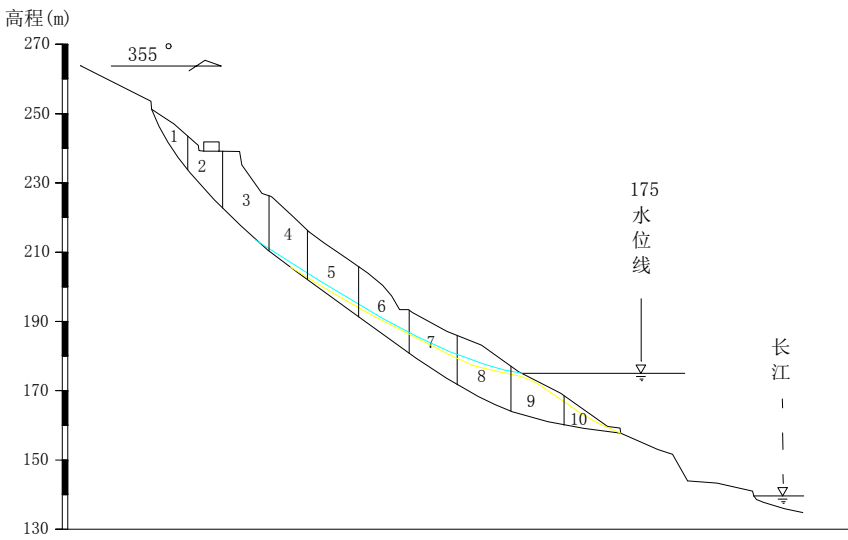


图 3-6-1 安渡滑坡稳定性计算条分图 I－I’ 剖面

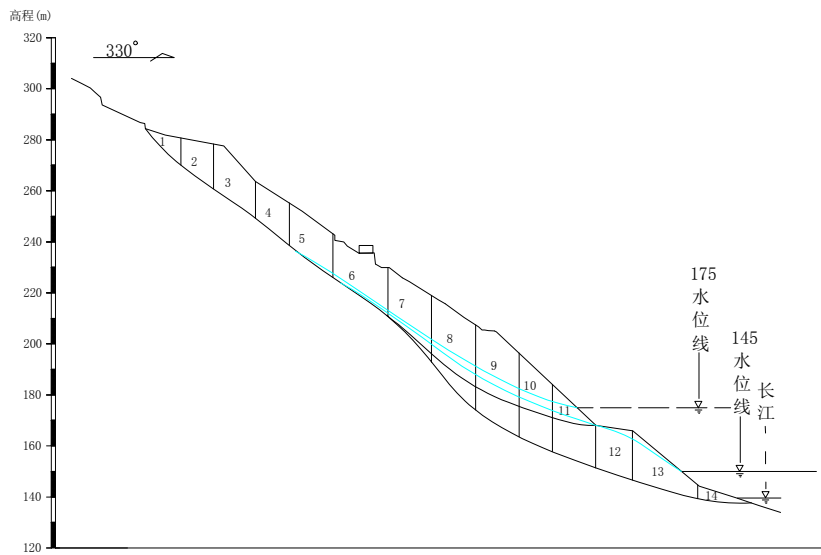


图 3-6-2 安渡滑坡稳定性计算条分图 II－II’ 剖面

表 3-6-4 安渡滑坡 I－I’ 剖面（主滑面）剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾角(°)	内聚力	内摩擦角(°)	稳定系数	安全系数	剩余下滑力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	1760.871	20.103	45.653	40.000	28.000	1. 070	1.20	52.483
	2	4132.443	15.849	35.703	40.000	28.000			522.582
	3	6381.154	20.140	34.951	40.000	28.000			1319.042
	4	4538.840	17.135	38.392	40.000	28.000			2164.347
	5	6275.342	21.224	36.471	40.000	28.000			3068.583

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	6	8585.188	26.664	35.068	40.000	28.000			4144.099
	7	8603.990	24.721	46.170	40.000	28.000			7782.050
	8	11366.794	25.625	47.189	40.000	28.000			12728.646
	9	12878.397	20.025	31.535	40.000	28.000			11884.718
	10	8605.185	14.387	23.929	36.000	26. 500			10818.161
	11	8142.911	18.198	20.299	36. 000	26. 500			9523.482
	12	5810.785	15.319	18.240	36. 000	26. 500			8362.421
	13	7059.443	26.752	15.803	36. 000	26. 500			6390.531
	14	1177.939	21.069	4.486	36.000	26.500			4544.483
III	1	1760.871	20.103	45.653	40.000	28.000	0. 933	1.20	52.483
	2	4132.443	15.849	35.703	40.000	28.000			522.582
	3	6381.154	20.140	34.951	40.000	28.000			1319.042
	4	4538.840	17.135	38.392	40.000	28.000			2164.347
	5	6275.342	21.224	36.471	40.000	28.000			3068.583
	6	8585.188	26.664	35.068	40.000	28.000			4144.099
	7	8603.989	24.721	46.170	40.000	28.000			7782.049
	8	11381.482	25.625	47.189	40.000	26.500			13257.324
	9	12922.697	20.025	31.535	36.000	26.500			13754.060
	10	8647.229	14.387	23.929	36.000	26.500			13453.276
	11	8201.773	18.198	20.299	36.000	26.500			13130.479
	12	5856.916	15.319	18.240	36.000	26.500			12729.850
	13	7110.775	26.752	15.803	36.000	26.500			11621.196
	14	1181.620	21.069	4.486	36.000	26.500			9231.971
IV	1	1760.871	20.103	45.653	40.000	28.000	0.921	1.15	-10.478
	2	4132.443	15.849	35.703	40.000	28.000			355.127
	3	6381.154	20.140	34.951	40.000	28.000			969.989
	4	4538.840	17.135	38.392	40.000	28.000			1663.847
	5	6275.342	21.224	36.471	40.000	28.000			2390.775
	6	8585.188	26.664	35.068	40.000	28.000			3228.687
	7	8603.991	24.721	46.170	40.000	28.000			6479.705
	8	11387.002	25.625	47.189	36.000	26.500			11713.728
	9	12927.095	20.025	31.535	36.000	26.500			12283.304
	10	8645.376	14.387	23.929	36.000	26.500			11940.722
	11	8193.214	18.198	20.299	36.000	26.500			11592.518

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	12	5852.299	15.319	18.240	36.000	26.500			11255.833
	13	7104.680	26.752	15.803	36.000	26.500			9943.088
	14	1181.709	21.069	4.486	36.000	26.500			7745.958
V	1	1760.871	20.103	45.653	40.000	28.000	0.897	1.10	-49.228
	2	4132.443	15.849	35.703	40.000	28.000			291.366
	3	6381.154	20.140	34.951	40.000	28.000			811.639
	4	4538.840	17.135	38.392	40.000	28.000			1422.200
	5	6275.342	21.224	36.471	40.000	28.000			2053.349
	6	8585.188	26.664	35.068	40.000	28.000			2767.172
	7	8603.991	24.721	46.170	40.000	28.000			5787.538
	8	11387.002	25.625	47.189	36.000	26.500			10750.670
	9	12927.095	20.025	31.535	36.000	26.500			11316.059
	10	8645.376	14.387	23.929	36.000	26.500			10979.211
	11	8193.214	18.198	20.299	36.000	26.500			10623.255
	12	5852.299	15.319	18.240	36.000	26.500			10283.911
	13	7104.680	26.752	15.803	36.000	26.500			8975.517
	14	1181.709	21.069	4.486	36.000	26.500			6901.559

表 3-6-5 安渡滑坡Ⅰ—Ⅰ’剖面（次滑面）剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	1715.448	19.884	45.653	40.000	28.000	1.087	1.20	39.138
	2	4090.644	15.849	35.703	40.000	28.000			499.439
	3	6326.796	20.140	34.951	40.000	28.000			1282.384
	4	4494.815	17.135	38.392	40.000	28.000			2112.125
	5	6219.392	21.224	36.471	40.000	28.000			3001.334
	6	8513.742	26.664	35.068	40.000	28.000			4059.580
	7	7938.971	22.509	40.486	40.000	28.000			6319.749
	8	8943.372	21.694	36.61	40.000	28.000			7794.018
	9	8864.855	18.703	24.137	40.000	28.000			6015.337
	10	4887.910	13.862	18.434	40.000	28.000			4502.344
	11	2038.339	9.856	14.672	36.000	26.500			3630.173
	12	538.786	7.550	4.221	36.000	26.500			2756.618
III	1	1715.448	19.884	45.653	40.000	28.000	1.035	1.20	39.138
	2	4090.644	15.849	35.703	40.000	28.000			499.439

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	3	6326.796	20.140	34.951	40.000	28.000			1282.384
	4	4494.815	17.135	38.392	40.000	28.000			2112.125
	5	6219.392	21.224	36.471	40.000	28.000			3001.334
	6	8513.742	26.664	35.068	40.000	28.000			4059.580
	7	7938.971	22.509	40.486	40.000	28.000			6319.749
	8	8943.922	21.694	36.612	40.000	28.000			7805.153
	9	8875.869	18.703	24.137	36.000	26.500			6655.705
	10	4902.417	13.862	18.434	36.000	26.500			5644.782
	11	2050.139	9.856	14.672	36.000	26.500			4989.893
	12	543.318	7.550	4.221	36.000	26.500			4061.649
IV	1	1474.819	19.884	45.653	40.000	28.000	1.016	1.150	-130.654
	2	3516.844	15.849	35.703	40.000	28.000			207.783
	3	5439.328	20.140	34.951	40.000	28.000			613.661
	4	3864.321	17.135	38.392	40.000	28.000			1096.159
	5	5346.988	21.224	36.471	40.000	28.000			1595.867
	6	7319.507	26.664	35.068	40.000	28.000			2158.901
	7	6825.796	22.509	40.486	40.000	28.000			3693.713
	8	8154.551	21.694	36.612	36.000	26.500			5411.558
	9	8645.460	18.703	24.137	36.000	26.500			4918.549
	10	5021.767	13.862	18.434	36.000	26.500			4242.042
	11	2185.043	9.856	14.672	36.000	26.500			3685.254
	12	580.016	7.537	4.221	36.000	26.500			2881.097
V	1	1715.448	19.884	45.653	40.000	28.000	0.962	1.100	-59.949
	2	4090.644	15.849	35.703	40.000	28.000			282.007
	3	6326.796	20.140	34.951	40.000	28.000			791.033
	4	4494.815	17.135	38.392	40.000	28.000			1388.641
	5	6219.392	21.224	36.471	40.000	28.000			2006.977
	6	8513.742	26.664	35.068	40.000	28.000			2706.373
	7	7938.986	22.509	40.486	40.000	28.000			4498.639
	8	8958.895	21.694	36.612	36.000	26.500			6258.507
	9	8898.991	18.703	24.137	36.000	26.500			5565.457
	10	4915.227	13.862	18.434	36.000	26.500			4839.474
	11	2052.608	9.856	14.672	36.000	26.500			4307.130
	12	542.350	7.537	4.221	36.000	26.500			3461.778

表 3-6-6 安渡滑坡Ⅱ—Ⅱ’ 剖面剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	1221.056	20.347	59.255	40.000	28.000	1.136	1.20	113.525
	2	2739.060	15.017	47.572	40.000	28.000			941.845
	3	5261.989	18.151	42.682	40.000	28.000			2397.779
	4	3901.049	13.833	36.502	40.000	28.000			2810.572
	5	4880.344	18.371	36.190	40.000	28.000			3431.327
	6	4456.523	18.018	35.989	40.000	28.000			3929.436
	7	4163.350	16.500	33.001	36.000	26.500			4219.124
	8	4898.675	17.332	26.074	36.000	26.500			3741.725
	9	3598.995	15.850	14.857	36.000	26.500			2155.087
	10	1486.245	16.507	8.047	36.000	26.500			958.917
III	1	1221.056	20.347	59.255	40.000	28.000	1.02	1. 20	-75.373
	2	2739.060	15.017	47.572	40.000	28.000			478.974
	3	5261.989	18.151	42.682	40.000	28.000			1314.253
	4	3901.049	13.833	36.502	40.000	28.000			1377.665
	5	4880.344	18.371	36.190	40.000	28.000			1483.882
	6	4460.767	18.018	35.989	36.000	26.500			1791.677
	7	4179.893	16.500	33.001	36.000	26.500			2052.921
	8	4928.247	17.332	26.074	36.000	26.500			1942.194
	9	3629.063	15.850	14.857	36.000	26.500			925.520
	10	1498.537	16.507	8.047	36.000	26.500			-1.988
IV	1	1221.056	20.347	59.255	40.000	28.000	1.015	1.150	61.053
	2	2739.060	15.017	47.572	40.000	28.000			795.020
	3	5261.989	18.151	42.682	40.000	28.000			2075.556
	4	3901.049	13.833	36.502	40.000	28.000			2392.638
	5	4880.344	18.371	36.190	40.000	28.000			2870.523
	6	4460.793	18.018	35.989	40.000	28.000			3328.444
	7	4180.542	16.500	33.001	36.000	26.500			3867.436
	8	4928.646	17.332	26.074	36.000	26.500			3944.173
	9	3627.402	15.850	14.857	36.000	26.500			2973.084
	10	1497.459	16.507	8.047	36.000	26.500			2010.536

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
V	1	1221.056	20.347	59.255	40.000	28.000	0.962	1.100	25.371
	2	2739.060	15.017	47.572	40.000	28.000			700.492
	3	5261.989	18.151	42.682	40.000	28.000			1883.197
	4	3901.049	13.833	36.502	40.000	28.000			2150.019
	5	4880.344	18.371	36.190	40.000	28.000			2551.631
	6	4460.793	18.018	35.989	40.000	28.000			2939.660
	7	4180.542	16.500	33.001	36.000	26.500			3429.993
	8	4928.646	17.332	26.074	36.000	26.500			3490.174
	9	3627.402	15.850	14.857	36.000	26.500			2567.903
	10	1497.459	16.507	8.047	36.000	26.500			1638.356

2.6.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

安渡滑坡Ⅱ—Ⅱ’剖面滑坡在：

（1）工况一，自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为1.136，处于基本稳定状态；

（2）工况三，自重+地表荷载+动荷载+175m正常水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为1.035，滑坡体处于不稳定状态；

（3）工况四：自重+地表荷载+动荷载+175~145m水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为1.016，处于不稳状态。

（4）工况五：自重+地表荷载+动荷载+175~145m水位+地震+5年一遇暴雨，稳定性系数为0.992，处于不稳状态。

安渡滑坡Ⅰ—Ⅰ’剖面主滑面在

（1）工况一，自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为1.070，处于潜在不稳定状态；

（2）工况三，自重+地表荷载+动荷载+175m正常水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为0.933，滑坡体处于不稳定状态；

（3）工况四：自重+地表荷载+动荷载+175~145m水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为0.921，处于不稳状态。

（4）工况五：自重+地表荷载+动荷载+175~145m水位+地震+5年一遇暴雨，稳定性系数为0.897，处于不稳状态。

安渡滑坡Ⅰ—Ⅰ’剖面次滑面在

（1）工况一，自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为1.087，处于潜在不稳定状态；

（2）工况三，自重+地表荷载+动荷载+175m正常水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为1.035，滑坡体处于不稳定状态；

（3）工况四：自重+地表荷载+动荷载+175~145m水位+5年一遇暴雨，稳定性系数为1.016，处于不稳状态。

（4）工况五：自重+地表荷载+动荷载+175~145m水位+地震+5年一遇暴雨，稳定性系数为0.962，处于不稳状态。

据现场调查及计算结果表明，安渡滑坡2[#]滑坡体近期后部已发生变形破坏，滑体整体稳定性差。因近几年前缘开挖修建公路及xx水库蓄水，恶化了滑坡的稳定性，在xx水库蓄水及遭遇长时间暴雨时，滑坡体可能整体复活。1[#]滑坡体前缘由于修建公路及长江大桥，滑体前部开挖严重，形成高陡边坡，滑体后缘产生拉裂缝，为地表水入渗提供有利条件，在xx水库蓄水及遭遇长时间暴雨时，滑坡可能整体失稳。

2.6.4 滑坡库岸塌岸预测

2.6.4.1 滑坡库岸基本特征

xx安渡滑坡库岸总长420m（从长江大桥沿长江向下游，库岸边坡整体只分为一段）。坡面形态：高程135~175m坡角30~35°，局部达38°，为滑坡前缘；高程175~275m，为滑坡体，坡角37~41°，部分坡体坡角达到44°，物质组成：以黄褐及紫红褐色块碎石土为主，块碎石为紫红色泥岩及少量灰色、灰褐色灰岩及泥灰岩，粒径5~40cm，部分块石粒径大于1m，含量50~60%；岸坡结构：该处坡体结构松散，松散层底部为软弱滑带；物质组成：为滑坡堆积体（Q₄^{del}）碎块石土，土体较松散，松散层下部为滑带土，高程275m以上坡角25°左右，为黄褐色第四系崩坡积块碎石土，土体松散。

2.6.4.2 塌岸的主要形式及成因

该库岸段为土质岸坡，塌岸的主要类型为：135m到175m库水变幅带以岸坡滑移及水流侵蚀为主，175m以上由于下部坡体的削减导致上部坡体发生滑移垮塌破坏形成塌岸。

2.6.4.3 塌岸预测

经实地测量坡脚及经验对比值，该库岸段土质岸坡在高程135~175m水位变幅带，取最小自然稳定坡角22°，水位175m以上取最小自然稳定坡角27°，基岩取最小坡角40°。经图解分析，该段库岸形成塌岸的最大高程大于290m，即大于滑坡体后缘高程，宽238.9m，高101.2m。

图 3-6-3 安渡滑坡塌岸预测图解

2.6.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.6.5.1 滑坡危害性分析

安渡滑坡位于奉节新县城对岸，滑坡体上有 12 户居民；xx 长江大桥桥头位于 1#滑坡体滑坡体上。滑坡失稳将造成极大危害，主要有以下几个方面：

- （1）对人民生命财产的危害：滑坡体失稳将造成巨大的人员伤亡及财产损失。
- （2）对交通运输的危害：滑体失稳下滑造成长江航运及公路交通安全事故。
- （3）对滑坡体上 xx 长江大桥的危害：1#滑坡一旦失稳，将严重影响长江大桥的安全，以至长江大桥遭到破坏，造成巨大经济损失。

2.6.5.2 实物指标调查

该滑坡主要威胁到 xx 永乐镇 7 社 12 户 52 人。房屋为砖混结构，面积 106 m²，砖木结构面积 216m²，土木结构面积 170m²，搭建房 450m²，旱地 22 亩，菜地 19.8 亩，果树 1890 棵。xx 长江大桥 930.8m，折合总费用 2.48 亿元。

2.6.6 防治方案比较与建议

2.6.6.1 防治方案分述

通过对该滑坡实地调查、勘查、滑带土取样试验以及滑坡稳定性计算评价，安渡 1#、2#滑坡体目前处于潜在不稳定状态，xx 水库蓄水到 175m 后，滑坡体可能整体失稳。建议对滑坡体前部采用抗滑支挡工程和搬迁避让措施。具体方案如下：

（1）抗滑桩+护坡+排水沟工程措施主要防治 1#滑坡。抗滑桩截面宽采用 2.0×3.0m，抗滑桩长度平均 28m，坎入基岩至中风化带。抗滑桩桩心间距 6m，桩顶向下 4.5m 设挡土墙。抗滑桩共 48 根。以抗滑桩顶为基础向上采用浆砌条石护坡，护坡至 175m 水位线以上 2m。滑坡体修建排水沟，排水沟截面为梯形，上部宽 120cm，底宽 80cm，深 65cm。护坡长度 410m。排水沟长 700m。总工程造价约 1106.38 万元。

（2）搬迁避让
搬迁避让措施主要用于 2#滑坡，搬迁费及新址各项辅助费用估计 200 万元。

（3）监测预警
布置地表位移监测点 6 个，深部位移监测点 3 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 650 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的监测费用为 7.8 万元。

2.6.6.2 防治方案比较与推荐意见

xx 长江大桥造价达 2.48 亿元。南岸桥头的桥台及公路均布设在 1#滑坡体上，在进行防治规划调（勘）查期间，大桥正在施工，未调查收集到对 1#滑坡体的防治工程设计，鉴于奉节长江大桥是通往该县江南各地和湖北省陆路交通的唯一要道，因此建议进行工程治理。据估算工程治理滑坡经费约 1106.38 万元，治理经费远少于损失，社会效益、经济效益和环境效益显著。2#滑坡搬迁费比工程治理费少，建议采取搬迁避让措施。监测预警能减少灾害的损失，但不能防止灾害的发生，建议结合工程治理防治方案进行监测，作为设计、反馈设计、指导施工和防治效果的依据。

2.6.6.3 规划建议

（1）安渡滑坡 1#滑坡体面积约 1.35×10⁴m²，体积约为 16.2×10⁴m³。2#滑坡体面积约 8.78×10⁴m²，体积约为 277.4×10⁴m³。因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载，前缘开挖，安渡滑坡的稳定程度日益降低，受 xx 水库 175m 蓄水影响或遭遇长时间高强度的大暴雨时，安渡滑坡可能整体复活

（2）安渡滑坡危及人口约 52 人，长江大桥一座。据实地调查，目前长江大桥正在施工之中。建议对安渡滑坡 1#滑坡体尽早采取工程治理，对安渡滑坡 2#滑坡采取搬迁避让措施。

（3）滑坡工程治理应与当地建设规划相结合，滑坡区内要严格限制不利于滑坡稳定性的任何工程建设活动；

（4）现已变形破坏的危房住户应立即搬迁避让，以免造成人员伤亡；

2.7 芝麻田滑坡

2.7.1 芝麻田滑坡地质特征

2.7.1.1 滑坡空间形态

xx 芝麻田滑坡位于 xx 石岗乡芝麻田，处于长江支流梅溪河左岸。滑坡点所在图幅（1/1 万）是罗汉殿 H-49-27-（46）及任家坝 H-49-27-（38），图上位置：X=3445657，Y=36627503。梅溪河河口距 xx 大坝 156km，滑坡距梅溪河河口 29km。

芝麻田滑坡主滑方向 207°，滑体平面形态呈圆弧形，滑体长 294m，宽 592m，平均厚 22.5m，滑坡面积为 15.1×10⁴m²，体积为 339.75×10⁴m³。前缘高程 157.6m，后缘高程 255.1m，前后缘相对高差 97.5m，中后部整体坡角 17°，前部整体坡角 29°。

滑体边界特征：滑体后壁为陡峭基岩，坡角 60~75°。基岩岩性为 J_{2s} 上沙溪庙组紫红色砂

质泥岩夹厚层状灰绿色长石砂岩，岩层产状 221∠12°。长石砂岩风化节理裂隙发育三组，其产状为 156∠70°、228∠80°、196∠75°，裂隙宽度 5~10cm，长 1.5~2.0m。滑壁坡脚有大块石堆积体，块石直径最大达 3.5m。滑体后缘变形延伸 100~150m。滑体左右两侧形成小冲沟：左侧冲沟相对切割深度 3~5m，沿滑坡体延伸直到滑坡后壁，延伸长度 200~300m，因人类工程活动，该沟有部分被填埋，由于冲沟下切，沟底有部分基岩出露，从而使滑坡体与周围其他第四系松散体分开。滑坡体右侧也有冲沟，冲沟相对切割深度不到 2m，冲沟向滑坡体后缘延伸 100~150m，冲沟内松散体厚度有 2m 左右。

滑体底界：滑体底界面在后部及中前部较陡，中部较平缓，滑体后部坡角约 41°，中后部坡角约 10°，中前部坡角约 18°，前缘坡角约 10°。整个底界面较平滑。剪出口前缘为梅溪河，前缘临空性好。

滑体剪出口高程 157.7m，位于梅溪河床以上。整个剪出口较平直，滑体左侧有基岩出露，剪出口较高。剪出口产状 208∠8°。

滑面位置：从钻孔揭露，滑体后部滑面埋藏较深，中前部埋深较浅。后部滑面埋深约 29.2m，前部滑面埋深 14~20m，滑面平均埋深 22.5m。经物探验证，基本与物探剖面线滑面吻合。

2.7.1.2 滑坡物质组成及结构特征

（1）滑体

滑体物质主要以暗紫褐色碎块石土组成，碎块石岩性为紫红色砂质泥岩及灰绿色长石砂岩，块石含量 35~40%，碎石含量 20~25%；土体为暗紫红色砂质粘土，上部土体松散，稍湿；下部土体稍湿，可塑。整个滑体结构松散—稍密。

（2）滑带

据剪出口及槽探、钻孔等揭露（照片 3-7-1、3-7-2、3-7-3 及表 3-7-1），滑带土为紫褐色粉质粘土含砾碎石；砾碎石岩性为紫红色砂质泥岩，含量 20~25%，次棱角状，表面有磨光痕迹。

ZMTC5	1.30	200.57	8	0.15	滑带土为紫红色粉质粘土含碎石，碎石直径 3~5cm，岩性为紫红色砂质泥岩，表面有黑色磨光痕迹，含量 20~25%，土体稍湿，可塑。
ZMTC9	3.0	172	4	0.10	滑带土为紫红色粉质粘土含砾石，中密，稍湿，可塑。砾石为紫红色粉质泥岩，粒径 0.5~1.5cm，次圆状，含量 25~30%，表面有磨光。

照片 3-7-1 ZMZX1 钻孔滑带土

照片 3-7-2 ZMTC4 探槽滑带土

照片 3-7-3 ZMTC6 探槽滑带土

表 3-7-1 滑坡勘察部分探槽（孔）滑面（带）特征一览表

勘察点 编 号	滑动面（带）			滑带土 厚 度 （m）	滑动面（面）特征描述
	埋深 （m）	高 程 （m）	倾 角 （°）		
ZMZX1	16.05	192.18		0.25	滑带土为紫褐色含砾粉质粘土。砾石呈次棱角—次圆状，表面有磨光痕迹。
ZMZX2	29.6	207.74		0.40	滑带土为暗紫褐色砾碎石土；砾石及碎石为紫红色砂质泥岩，含量 30~35%，次棱角状，表面有磨光痕迹。土体为粉质粘土，湿，可塑。

2.7.1.3 滑坡水文地质

从探井揭露情况来看，在井深 4.7m 处有渗水点，水量约 0.001L/s，钻孔内水位 10~12m，滑体后部钻孔为干孔。滑体前缘有泉水出露，泉水流量 0.005 L/s。

地表水以梅溪河为主，水面宽 100~120m，水深 1~3.5m，洪水位达 163m 左右。除梅溪河外，滑体中部及滑坡两侧形成三条冲沟，沟内雨季有水。平时滑体中部冲沟有生活污水。滑体上有三个堰塘，最大堰塘长 85m，堰塘内水量较少，可能是滑体内地下水的主要补给源。

2.7.1.4 滑带土物理力学性质

滑带土物理力学性质见芝麻田滑坡滑带土物理力学性质统计表（表 3-7-2）。

2.7.2 滑坡的成因机制

2.7.2.1 滑坡变形特征及发育史

目前滑坡体中前部有严重的变形迹象。主要变形迹象如下：

表 3-7-2

芝麻田滑坡滑带土物理力学性质统计表

原 样 编 号	含 水 量 ω_0 (%)	密 度 ρ_0 g/cm^3	比 重 G_s	饱 和 度 S_r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e_0	压缩试验		抗 剪 强 度(快剪)				抗 剪 强 度(多次剪)				备 注
							压缩 模量 E_s (Mpa)	压缩 系数 $a_{v(0.1\sim 0.2)}$ (Mpa^{-1})	天然状态		饱和状态		天然状态		饱和状态		
									内摩擦角 φ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ ($^{\circ}$)	内聚力 C (kPa)	
ZMZK03-TY01	16.9	2.19	2.76	99	32	0.473	17.53	0.08	18.5	138	10.8	102	12	75	9	45	
ZMZK03-TY02	18.6	2.15	2.75	99	34	0.517	11.04	0.14	17.8	82	13.5	62	11.5	47	10	32	
ZMZK03-TY03	18.3	2.09	2.73	92	35	0.545	13.89	0.11	18.5	75	13.7	51	9	40	8.5	30	
ZMZK03-TY04	20.9	2.05	2.75	92	38	0.622	12.02	0.13	16.5	94	10.5	60	10.5	45	8.8	36	
ZMZK03-TY05	21.8	2.07	2.75	97	38	0.618	10.45	0.15	17.8	72	13.3	50	12.5	43	9.2	32	
ZMZK03-TY06	23.9	2	2.75	93	41	0.704	9.8	0.17	16.5	75	12.5	43	11.3	38	8.4	27	
样本数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
平均值	20.07	2.09	2.75	95.33	36.33	0.58	12.46	0.13	17.60	89.33	12.38	61.33	11.13	48.00	8.98	33.67	
标准差	2.37	0.06	0.01	3.09	2.98	0.08	2.62	0.03	0.83	22.93	1.28	19.27	1.14	12.44	0.53	5.73	
变异系数	0.12	0.03	0.00	0.03	0.08	0.13	0.21	0.22	0.05	0.26	0.10	0.31	0.10	0.26	0.06	0.17	
修正系数	1.17	1.04	1.00	0.95	0.89	0.82	1.29	0.69	0.93	0.87	0.86	0.85	0.86	0.87	0.92	0.92	
标准值	23.38	2.18	2.74	91.01	32.17	0.47	16.11	0.09	16.44	78.06	10.59	51.86	9.55	41.89	8.24	30.85	

（2）滑坡体前部左侧，即乡计生办下部坡体发生下错拉裂变形（照片 3-7-5）。坡体下错 0.5~0.7m，拉裂缝宽 10~15cm，呈弧行沿梅溪河展布，延伸长度 25~30m。（1）、（2）两处变形破坏现象为近年发生。且变形破坏程度不断加大。

（3）在滑体中后部粮站处，建筑物发生变形破坏，产生拉裂缝。

（4）滑体后部目前变形迹象不明显，但滑体后缘滑壁由于岩体节理裂隙发育，形成危岩且不断发生崩塌现象。2003 年 7 月上旬发生崩塌，崩塌石块直径 1~1.5m，砸碎毁居民院墙，未伤人。

2.7.2.2 滑坡影响因素分析评价

从自然因素分析，影响滑坡稳定性有暴雨、持续降雨、地震以及水库蓄水浪蚀等。从人为因素分析，在滑坡体上修筑房屋、开垦农田（特别是在坡体上开垦水稻田）以及在坡体上修建

（1）石岗乡八一希望小学操场地面及厕所围墙产生多条拉裂缝，拉裂缝宽 2~3cm，地面拉裂缝长 10~15m，走向沿梅溪河方向。小学操场挡墙每年都发生拉裂破坏（照片 3-7-4）。

公路开挖坡脚等人类工程活动，也是降低滑坡稳定性的主要因素。

照片 3-7-4 希望小学变形裂缝

照片 3-7-5 滑坡体左侧地面开裂

2.7.2.3 滑坡成因分析

从滑坡变形迹象分析，目前变形主要发生在滑坡体中前部，滑体前部稳定性差。该滑坡属于涉水滑坡。梅溪河从滑坡体前缘流过，滑体前缘临空。在自然因素及人为因素情况下，前部坡体发生变形失稳，最终导致后部坡体临空失稳。该滑坡为典型的牵引式滑坡。

2.7.3 滑坡稳定性分析评价

2.7.3.1 滑坡变形动态分析

从滑坡体前缘目前的变形情况来看，变形程度每年都在加剧，如滑坡体前部左侧过去为农田，现以无法耕种，成为荒地。该处以上的建筑物（计生办大楼）从前年开始产生拉裂缝，且拉裂缝逐年加宽。xx 水库蓄水以后，滑体前部首先失稳，最终导致滑坡整体失稳。

2.7.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

本次计算采用勘探纵剖面 I－I’作为计算剖面（图 3-7-1）。

（二）计算方法

滑坡滑动面近似折线型，采用传递系数法计算，按照《重庆市 xx 滑坡危岩勘查规定》（试行）推荐公式对滑坡的稳定性及推力进行计算（各类计算公式详见港航砖厂一节）。

（三）计算工况

根据滑坡所处实际情况，确定如下工况：

工况一： 自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨

工况三： 自重+地表荷载+动荷载+175m 正常水位+5 年一遇暴雨

工况四： 自重+地表荷载+动荷载+175~145m 水位+5 年一遇暴雨

工况五： 自重+地表荷载+动荷载+175~145m 水位+地震+5 年一遇暴雨

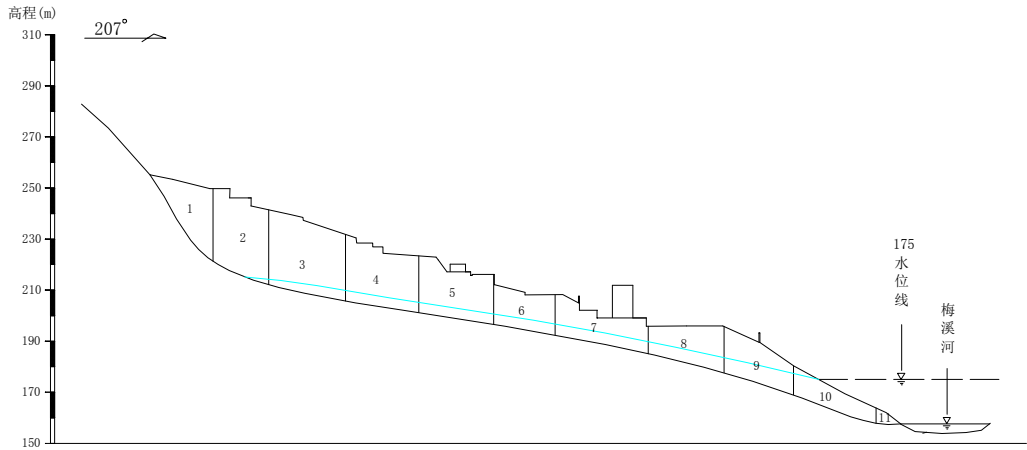


图 3-7-1 芝麻田滑坡稳定性计算条分图 I－I’ 剖面

滑体上覆建筑物荷载按 10kN/层·m 考虑。

（四） 计算结果

按不同工况条件下，滑坡稳定性系数计算结果见表 3-7-3、4。

表 3-7-3 芝麻田滑坡稳定性计算成果表

剖 面	计算参数						稳定性系数(传递系数法)			
	γ (kN/m ³)		C (kPa)		φ (°)		工况 I	工况III	工况IV	工况 V
	天然	饱和	天然	饱和	天然	饱和				
I－I’	21.9	22.1	22	20	16	14	1.085	1.001	0.915	0.880

表 3-7-4 芝麻田滑坡 1-1 剖面剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面角 (°)	内聚力 (kPa)	内摩 擦角 (°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
I	1	8068.743	41.909	53.946	22.000	16.000	1.085	1.20	5544.201
	2	14124.942	23.617	22.781	22.000	16.000			6230.767
	3	18904.605	30.792	11.978	22.000	16.000			4513.101
	4	14697.790	29.021	8.911	22.000	16.000			2367.389
	5	12791.016	29.753	8.876	22.000	16.000			454.996
	6	7993.659	24.454	9.950	20.000	14.000			-310.097
	7	10475.561	37.247	11.288	20.000	14.000			-789.786
	8	9467.891	30.592	14.061	20.000	14.000			-81.700
	9	9350.564	28.608	17.741	20.000	14.000			672.979
	10	6013.156	34.240	18.936	20.000	14.000			954.035
	11	727.949	9.622	1.461	20.000	14.000			491.211
III	1	8068.743	41.909	53.946	22.000	16.000	1.001	1.20	5544.201
	2	14124.942	23.617	22.781	22.000	16.000			6230.767
	3	18904.605	30.792	11.978	22.000	16.000			4513.101
	4	14697.790	29.021	8.911	22.000	16.000			2367.389
	5	12791.352	29.753	8.876	22.000	16.000			458.194
	6	7995.856	24.454	9.950	20.000	14.000			-281.857
	7	10479.856	37.247	11.288	20.000	14.000			-739.083
	8	9469.937	30.592	14.061	20.000	14.000			-52.748
	9	9364.485	28.608	17.741	20.000	14.000			815.140
	10	6054.144	34.240	18.936	20.000	14.000			1354.093
	11	734.169	9.622	1.461	20.000	14.000			903.698
IV	1	8068.743	41.909	53.946	22.000	16.000	0.915	1.150	5218.038

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面角	内聚力	内摩 擦角 (°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
				(°)	(kPa)				
	2	14124.942	23.617	22.781	22.000	16.000			5726.604
	3	18904.605	30.792	11.978	22.000	16.000			3848.811
	4	14697.790	29.021	8.911	22.000	16.000			1600.402
	5	12791.684	29.753	8.876	22.000	16.000			-402.480
	6	7994.037	24.454	9.950	20.000	14.000			-832.066
	7	10478.479	37.247	11.288	20.000	14.000			-864.219
	8	9479.063	30.592	14.061	20.000	14.000			-68.523
	9	9375.673	28.608	17.741	20.000	14.000			810.328
	10	6048.528	34.240	18.936	20.000	14.000			1527.840
	11	732.558	9.622	1.461	20.000	14.000			1077.461
V	1	8068.743	41.909	53.946	22.000	16.000	0.880	1.100	5002.821
	2	14124.942	23.617	22.781	22.000	16.000			5495.131
	3	18904.605	30.792	11.978	22.000	16.000			3697.658
	4	14697.790	29.021	8.911	22.000	16.000			1540.043
	5	12791.684	29.753	8.876	22.000	16.000			-385.946
	6	7994.037	24.454	9.950	20.000	14.000			-791.726
	7	10478.479	37.247	11.288	20.000	14.000			-823.611
	8	9479.063	30.592	14.061	20.000	14.000			-56.419
	9	9375.673	28.608	17.741	20.000	14.000			792.296
	10	6048.528	34.240	18.936	20.000	14.000			1483.359
	11	732.558	9.622	1.461	20.000	14.000			1045.527

2.7.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

（1）工况一，稳定性系数为 1.085，滑坡处于潜在不稳定状态；

（2）工况三，稳定性系数为 1.001，滑坡处于潜在不稳定状态。

（3）工况四，稳定性系数为 0.915，滑坡处于不稳定状态。

（4）工况五，稳定性系数为 0.880，滑坡处于不稳定状态。

据现场调查，芝麻田滑坡近期滑坡体前部局部发生变形破坏，滑体中后部处于基本稳定状态，但因近几年移民工程施工，滑坡后缘加载，前缘开挖，恶化了芝麻田滑坡的稳定性，在 xx 水库蓄水及遭遇长时间暴雨时，滑坡体可能从潜在不稳定状态变为不稳定状态。

2.7.4 滑坡库岸塌岸预测

2.7.4.1 滑坡库岸基本特征

芝麻田滑坡库岸总长 640m。沿梅溪河下游，库岸边坡整体可分为两段：一段为土质库岸：岸长 380m，分布于滑坡体前缘右侧至滑坡滑坡体中部左侧。坡面形态：高程 157.6m 至 185m 地形较陡，坡角 29°，局部达 35°，为滑坡前部；物质组成：碎块石土为主，块石为灰绿色长石砂岩，粒径最大达 3m 左右，含量 50~60%；斜坡结构：该处坡体结构松散，松散层与基岩接触处为软弱滑带；高程 185~255m，为滑坡体，坡角 5~17°，物质组成，为滑坡堆积体（Q₄^{del}），为碎块石体，体体较松散，松散层与基岩接触面为滑带土，高程 255m 以上坡度 40°左右，为 J_{2s} 基岩。二段为岩质岸坡：岸长 260m，分布于滑坡体前缘左侧至滑坡体前缘中部。高程 157.6~182m 为紫红色砂质泥岩夹灰绿色长石砂岩，坡角 30°左右，局部达 42°，岩体风化节理裂隙发育，岩层产状 218∠12°，高程 182~195m，岸坡整体坡度 26°，为松散碎块石土滑坡堆积体，高程 195~255m，整体坡角 18°，为松散碎块石土滑坡堆积体，松散层与基岩接触面为滑带土，高程 255m 以上坡度 40°左右，为 J_{2s} 基岩。

2.7.4.2 塌岸的主要形式及成因

一段库岸段为土质岸坡，塌岸的主要类型为：高程 157.6m 到 175m 库水位变幅带以水流侵蚀为主，高程 175m 水位线以上库岸为垮塌破坏形成塌岸。

二段库岸段为岩质岸坡，塌岸的主要类型为：高程 157.6m 到 175m 库水位变幅带以岩体崩塌为主。其上则可能产生滑塌、倒塌。

2.7.4.3 塌岸预测

经实地测量坡脚及经验对比值，一段库岸段土质岸坡在高程 157.6~175m 水库变幅带，取最小坡角 17°，175m 以上取最小自然稳定坡角 24°，基岩最小坡角 40°，经图解分析（图 3-7-2），该段库岸形成塌岸的最大高程为 199.2m，宽度 111.2m，高度 42.5m。

图 3-7-2 芝麻田滑坡规划勘查图解

2.7.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.7.5.1 滑坡危害性分析

该滑坡主要危害对象是滑坡体上的居民、房屋、农田以及重庆通往奉节的唯一公路。在滑坡体中前部有一所小学，滑坡一旦开始失稳，首当其冲的是该所学校。

2.7.5.2 实物指标调查

该滑坡主要威胁 xx 石岗乡芝麻田 1、2、3 社及乡属各单位与希望中心小学。1、2、3 社居民有 187 户 789 人，房屋砖混结构面积 87498.5m²，土木结构面积 6981 m²。水田 52.5 亩，旱地 119.8 亩，果园 150 亩，林地 53.5 亩，草地 99.5 亩。中心小学房屋为框架结构，面积 1412m²，砖混结构面积 310m²，师生 750 人。乡属各单位框架结构房屋面积 334.5 m²，砖混结构房屋面积 6134.8m²，土木结构面积 240m²，砖木结构房屋 3500m²，职工 41 人。渝—巴二级公路长 600m，四级公路 200m，芝麻田电信所设备为程控线，线杆长 3000m，用户线长 15000m，光缆线 3000m。

总计：楼房框架结构面积 1746.5m²，砖混结构面积 93943.3m²，土木结构面积 7221m²，砖木结构面积 8230m²，人口 187 户，1580 人。总经济价值折算约 7918 万元。

2.7.6 防治方案比较与建议

2.7.6.1 防治方案分述

通过对该滑坡实地调查、勘查、滑带土取样试验以及滑坡稳定性计算评价。该滑坡体中前部在水库蓄水以后处于不稳定状态。建议对滑坡体采用抗滑支挡工程措施。具体方案如下：

（1）抗滑桩+板墙+排水沟：抗滑桩平均长度 15m，桩截面 2m×1.5m，抗滑桩嵌入基岩至中风化，抗滑桩桩芯距为 6m，设桩 45 根。抗滑桩之间设板墙，板墙高度 2.5m。滑坡体修建排水沟，排水沟截面为梯形，上部宽 120cm，底宽 80cm，深 65cm。挡墙+护坡长度 640m。排水沟长 800m。总工程造价约 300 万元。

（2）不进行工程措施，选择整体搬迁，最低需投资约 7918 万元。

（3）布置地表位移监测点 6 个，深部位移监测点 3 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 650 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的监测费用为 7.8 万元。

2.7.6.2 防治方案比较与推荐意见

芝麻田滑坡体上人口稠密，建筑物及公共设施多，如果选择搬迁避让最低需投资 7918 万元；而工程治理费仅需 300 万元，经济效益及环境效益非常可观。监测预警能减少灾害的损失，但不能根除灾害的发生。综合比较，芝麻田滑坡宜采用工程治理措施。

2.7.6.3 规划建议

（1）芝麻田滑坡面积约 9×10⁴m²，体积约 200×10⁴m³。因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载，前缘开挖，降低了芝麻田滑坡的稳定性，受 xx 水库 175m 蓄水影响或遭遇长时间高强度的大暴雨时，芝麻田滑坡处于不稳定状态。

（2）芝麻田滑坡危及人口约 1580 人及其他设施，建议对芝麻田滑坡尽早采取工程治理。

（3）滑坡工程治理应与当地建设规划相结合，滑坡区内要严格限制不利于滑坡稳定性的任何工程建设活动；

2.8 两河口滑坡

2.8.1 两河口滑坡地质特征

2.8.1.1 滑坡空间形态

两河口滑坡位于 xx 石岗乡两河口大桥北侧(照片 3-8-1)，地理坐标为:X=3445548，Y=3662887。该滑坡为大型土质滑坡，滑坡周界明显。后缘与斜坡相连，东侧以出露长石石英砂岩、泥岩的冲沟为界，西侧以黎家坟为界，前缘直抵梅溪河的支流崔家河。滑坡后缘高程 270m，前缘高程 165m，前缘东西宽 250m，后缘东西宽 150m，南北长 250m，平面形态呈上窄下宽的“扇”形，面积约 6.25×10⁴m²。据钻探揭露，滑体平均厚约 16m，滑体总体积约 100×10⁴m³。滑坡体主滑方向为 151°。

滑坡区内斜坡自南向北呈阶梯状上升，主要为梯田，斜坡平均地形坡度角为 20°。在高程 220~270m 之间为滑坡中后部，斜坡地形较陡，坡度角约 32°，圈椅状地形明显。滑体后部与前缘较浅，滑体中部较深，滑体平均深度约 16m。在滑坡后缘 LHZK02 附近为宽约 35~55m，长约 80~100m 的台地，与滑坡后缘以陡坡相接。滑坡剪出口位于崔家河河床边缘，高程 165m。

2.8.1.2 滑坡物质组成及结构特征

（1）滑体

通过钻探，山地工程揭露及电测深物探解译成果资料分析，两河口滑坡滑体厚度在空间上变化明显；纵向上滑体在前后缘均较浅，中部较深，可达 18.9m。滑体土主要为紫红色粉质粘土夹碎块石，稍密，湿，可塑，块石主要原岩成份为长石石英砂岩，碎石以泥质细颗粒为主，粒径一般 0.3~1.1cm，次棱角状，土石比 8:2。滑体的结构不均匀，土石比在空间上的变化较大，总体来说，滑体后部（LHTC4、LHTC5 揭露资料）的块石较多，含量一般超过 30%，块径较大，常见巨大块石，直径大于 1.5m，块石的成份以泥质砂岩和长石石英砂岩为主，泥岩少见；滑体前部（LHTC1、LHTC2、LHTC3 揭露资料）以粉质粘土为主，碎块石含量一般在 10%左右。在垂向上，碎块石含量的变化也较大，有时以块碎石为主，有时以粉质粘土为主。从总体上看，滑体中碎块石的含量在下部稍多于上部，竖井开挖到 6.0m 以后块石明显增多变大。

照片 3-8-1 两河口滑坡全貌

（2）滑带

从 LHTC01、LHTC02、LHTC06、LHTC07 揭露的滑带可以看到，滑带土主要为紫红色粉质粘土夹细颗粒，碎砾石稍密，湿、可塑—软塑，厚度 1~4cm，含紫红色泥质细颗粒，次棱角状，粒径 0.5~1.2cm，含量约 10~20%，颗粒表面可见磨光现象，滑动带土体有明显的挤压成层现象，挤压带内细颗粒成定向排列，其中 LHTC02 揭露的滑带土内可见镜面及光滑擦痕，滑面倾向 145°，倾角 18~20°（照片 3-8-2）。根据地质测绘、竖井、探槽、钻孔等资料分析，滑动面在纵向上（Ⅰ、Ⅱ剖面）受下伏基岩面控制，滑体后部较浅，LHTC07、LHTC06（照片 3-8-3）均揭露下伏基岩，滑面埋深较浅，中部埋深一般在 16~20m，前缘埋深也较浅，LHTC1、LHTC2 均揭露出滑带土。

（3）滑床

两河口滑坡的滑床是由侏罗系上沙溪庙组（J_{2s}）紫红色泥岩夹灰色、灰绿色厚层—巨厚层长石石英砂岩组成，在滑坡区内以砂岩为主，岩层倾向 255°，倾角 10°，岩层产状稳定。滑床形态从横向上看，滑床面有起伏变化，东西两侧较浅，中部相对低凹，整体呈半圆弧状（见Ⅲ-Ⅲ′工程地质剖面），从纵向上看，滑床面呈折线型，与地表坡形近于一致（见Ⅰ-Ⅰ′工程地质剖面）。

照片 3-8-2 LHTC2 中揭露的滑带镜面与擦痕 照片 3-8-3 LHTC6 中揭露的滑带土

2.8.1.3 滑坡水文地质

两河口滑坡滑床为侏罗系上沙溪庙组紫红色泥岩夹灰色厚层长石石英砂岩等相对隔水岩组，滑坡体物质为粉质粘土夹碎块石堆积体，由于其岩性及结构的差异构成了滑坡区不同的含

水单元，区内地下水按其赋存形式可分为松散堆积层孔隙水和基岩裂隙水。

孔隙水赋存于滑坡堆积层中的粉质粘土夹碎块石土，主要接受大气降水补给，顺坡向南直接向崔家河排泄，滑坡体上可见多处泉点或渗水点，前缘局部形成湿地，均为孔隙水直接出露点。区内基岩裂隙水赋存于侏罗系上沙溪庙组紫红色泥岩及灰色长石石英砂岩中，但因其岩体节理裂隙发育，其间赋存有水量贫乏的裂隙水，其中 LHZK02（孔深 26.75m）终孔稳定水位为 23.81m，埋深较深，裂隙水主要补给来源为大气降水和同一含水层地下水的补给，以其裂隙为运移、储存空间，直接排泄入崔家河。地表基岩未见泉水出露。

滑坡体后缘 LHTC04、LHTC05 及滑坡体前缘 LHTC01、LHTC02 中均揭露出地下水，水量约 0.05L/s。

梅溪河支流崔家河自东向西流经滑坡区南侧，为区内地表、地下水排泄基准面。两河口滑坡东西两侧均有浅切冲沟，两条冲沟与坡体上自然小冲沟及崔家河共同构成滑坡区地表水排泄网络，滑坡区内大气降水通过上述冲沟汇集向崔家河排泄。

2.8.1.4 滑带土物理力学性质

在野外采取滑带土原状样 6 组，根据室内试验，其天然密度为 1.98~2.05g/cm³，天然孔隙比 e₀ 为 0.679~0.766，液性指数 I_L 为 0.21~0.61，压缩模量为 3.97Mpa 压缩系数 a_{v(0.1~0.2)} 为 0.24~0.39，属于中等压缩性土。天然峰值抗剪强度：φ=10.0~14.1°，C=25~58kpa；天然残余抗剪强度：φ=8.5~12.4°，C=13~27kpa。饱和残余抗剪强度：φ=7.0~11.5°，C=10~19kpa。滑带土的物理力学指标值统计见表 3-8-1。

表 3-8-1																	两河口滑坡滑带土物理力学性质统计表									
原 样 编 号	含 水 量 ω_0 (%)	密 度 ρ_0 g/cm ³	比 重 G_s	饱 和 度 S_r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e_0	压缩试验		抗 剪 强 度								备 注									
							压缩 模量 E_s (Mpa)	压缩 系数 $a_{v(0.1\sim 0.2)}$ (Mpa ⁻¹)	快剪		多次剪		饱和直剪		饱和多次剪											
									内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 Φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kpa)										
TC2-01	23.1	2.05	2.74	98	39	0.645	4.81	0.34	12.5	33	8.5	16	10.5	21	7	10	TC2									
TC6-02	25.4	2	2.74	97	42	0.718	4.89	0.35	10	27	8.5	13	9	18	7.5	12	TC6									
TC7-03	24.3	2.01	2.74	96	41	0.694	4.88	0.35	12.3	35	11	17	12	23	9	15	TC7									
TC1-04	25.5	2.01	2.74	98	42	0.711	4.33	0.39	13.7	28	11.5	18	12.4	21	10.5	18	TC1									
LHZK03-1	23.8	2.02	2.74	96	40	0.679	6.91	0.24	10.5	58	8.5	27	9.4	32	8	19	LHZK03									
LHZK04-1	27.6	1.98	2.74	99	43	0.766	4.9	0.36	14.1	25	12.4	26	13.5	23	11.5	12	LHZK04									

样本数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
平均值	24.95	2.01	2.74	97.33	41.17	0.70	5.12	0.34	12.18	34.33	10.07	19.50	11.13	23.00	8.92	14.33	
标准差	1.45	0.02	0.00	1.11	1.34	0.04	0.82	0.05	1.51	11.13	1.62	5.19	1.63	4.36	1.62	3.30	
变异系数	0.06	0.01	0.00	0.01	0.03	0.05	0.16	0.14	0.12	0.32	0.16	0.27	0.15	0.19	0.18	0.23	
修正系数	0.92	0.99	1.00	0.98	0.95	0.93	0.77	0.81	0.83	0.84	0.78	0.87	0.80	0.91	0.75	0.89	
标准值	22.92	1.98	2.74	95.79	39.29	0.65	3.97	0.27	10.07	28.86	7.80	16.95	8.86	20.86	6.66	12.71	

2.8.2 滑坡形成机制

2.8.2.1 滑坡变形特征及发育史

两河口滑坡系一老滑坡，为大型土质滑坡，曾经在 1973 年 7 月发生较大规模的滑动，后缘斜坡残坡积土体发生整体下坐，形成目前可见的后缘陡壁和平台；1992 年 8 月滑坡体再次发生较大规模滑动，后缘平台上袁氏农户等几家房屋被严重拉裂，被迫迁到滑坡体右侧。目前滑坡体变形主要表现为：前缘斜坡在雨季时经常发生局部滑塌（照片 3-8-4）；中部地面变形主要表现为较多横向拉张裂缝，裂缝两侧有明显下错现象；田坎下坐坍塌；水田漏水；滑坡体后缘缓坡上也出现新增裂缝，可见深度 5~8cm，宽度 4~6cm，水平位移 5~8cm，垂直位移 3~5cm，连续延伸长度 1~4m，延伸走向约 60°，裂缝发育密度 2~4 条/m（照片 3-8-5）。

2.8.2.2 滑坡影响因素分析评价

经调查分析，两河口滑坡形成因素主要有以下几方面：

（1）滑坡体为粉质粘土夹碎块石，中后部堆积较深，一般为 20m，前部堆积较浅，上重下轻，为滑坡产生提供了在重力失衡条件下的物质基础。

照片 3-8-4 滑坡前缘滑塌

照片 3-8-5 滑坡后缘地面开裂

（2）地貌：滑坡区为浅中切割低山斜坡，坡体平均坡度角为 22°，前缘斜坡较陡，坡度角为 30°，整体地形北高南低，相对高差约 80m，为滑坡体进一步变形创造了有利的临空条件。

（3）降雨：近几年，滑坡变形主要发生在雨季，说明降水对滑坡影响较大，是滑坡变形发展的主要诱发因素。

（4）河流冲刷：崔家河河水对斜坡前缘的侵蚀也破坏了前缘斜坡的稳定性，造成局部坍塌，随着长江蓄水到 175m 水位后，对斜坡的破坏将进一步增大，滑坡前缘稳定性更低，必将进一步发生变形破坏。

（5）人类工程活动：两河口滑坡前缘因修建大桥（复建工程）而开挖切坡，形成两级高

5m 和 8m 的人工陡坎，增大了滑坡体临空面，滑坡体在大桥复建施工期间发生了明显变形，主要表现为中前部地面开裂，田坎下坐。

2.8.2.3 滑坡成因机制分析

滑坡后缘陡崖上的长石石英砂岩在巨大的临空面的配合下沿构造裂隙、层面裂隙及风化裂隙等软弱结构面产生分离而形成崩塌，堆积于地形较缓部位的砂质泥岩的风化残积物之上。大量堆积的残坡积和崩坡积块碎石土为滑坡的形成提供了物质条件。

后缘崩坡积物的不断堆积加载，加上崩坡积物结构松散，块碎石含量高，孔隙大而多，有利于雨水和地表水的入渗和贮集，增加块碎石土的容重、动水压力及静水压力，同时也使块碎石土中的粉质粘土饱水软化，力学强度降低，在暴雨等诱发因素的触发下，堆积层的下滑力超过抗滑力，再加上河水的冲刷使前缘临空，从而堆积层产生滑动，形成以推移式滑坡。

2.8.3 滑坡稳定性分析评价

2.8.3.1 滑坡变形动态分析

两河口滑坡在 1973 年和 1992 年夏季（暴雨）曾发生过较大变形，近两年由于降水增多和前缘大桥施工开挖坡脚，改变了滑坡区地质环境条件，破坏了两河口滑坡的稳定性，变形进一步加剧。

2.8.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

本次计算采用纵剖面 II-II’作为计算剖面（两河口滑坡 II-II’剖面计算条分图）。

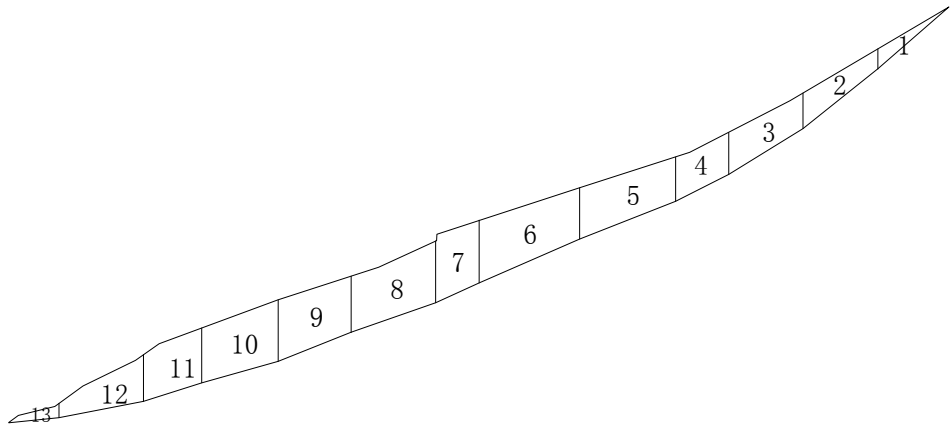


图 3-8-1 两河口滑坡 II-II' 剖面计算条分图

（二）计算方法

滑坡滑动面近似折线型，采用一般条分法、Bishop 法和传递系数法，对滑坡的稳定性及推力进行计算。计算公式详见港航砖厂滑坡一节。

（三）计算工况

根据滑坡具体情况，确定如下 4 种工况条件：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨

工况三：自重+地表荷载+动荷载+175m 正常水位+5 年一遇暴雨

工况四：自重+地表荷载+动荷载+175m→145m 水位+5 年一遇暴雨

工况五：自重+地表荷载+动荷载+175m→145m 水位+地震+5 年一遇暴雨

（四）计算结果

稳定性计算结果见表 3-8-2。滑坡剩余下滑推力计算结果见表 3-8-3。

表 3-8-2 滑坡稳定性计算结果

	一般条分法	毕肖普法	传递系数法
工况一	1.049	1.044	1.056
工况三	1.016	1.012	1.036
工况四	1.017	1.013	1.043
工况五	0.985	0.981	0.979

表 3-11-3 两河口滑坡 2-2 剖面剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
I	1	882.010	24.296	41.903	27	17.8	1.056	1.20	-159.866
	2	2597.229	24.913	38.857	27	17.8			633.350
	3	3524.122	22.652	32.287	27	17.8			1296.709

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
					(kPa)				
	4	2791.973	15.460	26.714	27	17.8			1553.342
	5	5899.337	26.975	22.172	27	17.8			1846.628
	6	7431.993	28.395	24.001	27	17.8			2781.075
	7	3708.496	12.231	24.386	27	17.8			3359.553
	8	6576.999	23.415	19.952	27	17.8			3663.181
	9	5659.144	20.145	21.368	27	17.8			4194.703
	10	5811.162	20.655	16.250	27	17.8			3893.065
	11	4070.691	15.855	17.509	27	17.8			3890.702
	12	3657.560	22.330	11.521	27	17.8			3077.597
	13	626.303	12.971	5.574	27	17.8			2557.615
III	1	882.010	24.296	41.903	27	17.8	1.036	1.20	-159.866
	2	2597.229	24.913	38.857	27	17.8			633.350
	3	3524.121	22.652	32.287	27	17.8			1296.709
	4	2793.557	15.460	26.714	27	17.8			1554.018
	5	6023.073	26.975	22.172	27	17.8			1938.938
	6	7396.191	28.395	24.001	27	17.8			2858.490(
	7	3634.039	12.231	24.386	27	17.8			3379.975
	8	6399.402	23.415	19.952	27	17.8			3547.805
	9	5730.640	20.145	21.368	27	17.8			4088.834
	10	6186.788	20.655	16.250	27	17.8			3979.433
	11	4467.486	15.855	17.509	27	17.8			4169.863
	12	4244.799	22.330	11.521	27	17.8			3507.237
	13	644.251	12.971	5.574	27	17.8			2956.385
IV	1	882.010	24.296	41.903	27	17.8	1.043	1.15	-189.319
	2	2597.229	24.913	38.857	27	17.8			551.877
	3	3524.121	22.652	32.287	27	17.8			1124.642
	4	2763.604	15.460	26.714	27	17.8			1302.956
	5	5828.854	26.975	22.172	27	17.8			1429.151
	6	7609.656	28.395	24.001	27	17.8			2335.981
	7	3764.344	12.231	24.386	27	17.8			2887.052
	8	6587.933	23.415	19.952	27	17.8			3099.847
	9	5727.606	20.145	21.368	27	17.8			3554.468
	10	5985.277	20.655	16.250	27	17.8			3290.702
	11	4141.734	15.855	17.509	27	17.8			3280.145

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
					(kPa)				
	12	3611.087	22.330	11.521	27	17.8			2439.956
	13	581.922	12.971	5.574	27	17.8			1921.397
V	1	882.010	24.296	41.903	27	17.8	0.979	1.10	-194.517
	2	2597.229	24.913	38.857	27	17.8			541.828
	3	3524.121	22.652	32.287	27	17.8			1117.819
	4	2763.604	15.460	26.714	27	17.8			1310.260
	5	5814.928	26.975	22.172	27	17.8			1475.331
	6	7607.090	28.395	24.001	27	17.8			2428.958
	7	3765.569	12.231	24.386	27	17.8			3003.698
	8	6590.305	23.415	19.952	27	17.8			3278.323
	9	5729.038	20.145	21.368	27	17.8			3784.344
	10	5985.998	20.655	16.250	27	17.8			3589.748
	11	4141.794	15.855	17.509	27	17.8			3629.334
	12	3611.087	22.330	11.521	27	17.8			2836.119
	13	581.922	12.971	5.574	27	17.8			2314.935

2.8.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

两河口滑坡在平水期水位遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.056，处于潜在不稳定状态；在 175m 正常水位遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.036，处于潜在不稳定状态；在 175m→145m 水位遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.043，处于潜在不稳定状态；在 175m→145m 水位遭遇 5 年一遇暴雨+地震时稳定性系数为 0.979，处于不稳定状态。可见，滑坡受地震、降雨的影响较大。

2.8.4 滑坡库岸塌岸预测

2.8.4.1 滑坡库岸基本特征

两河口滑坡库岸总长 250m，为土质库岸，分布于滑坡前缘。岸坡形态：在高程 165m 至 270m 之间，滑坡前缘地形坡度较陡，坡角为 30°，其中后部坡角 27~29°，物质组成以粉质粘土夹碎块石为主。前缘以粘性土为主。

2.8.4.2 塌岸的主要形式及成因

根据岸坡工程地质条件与变形机制，两河口滑坡塌岸主要为滑移型，岸坡的形态、物质组成与岩性组合、结构面，地质构造与地震、人类工程活动以及库水位的消涨等是影响塌岸的主

要因素。主要表现在以下几个方面：

- （1）库水的长期浸泡，使得岸坡岩土体的强度降低，当岩土体强度降低到一定程度时，岸坡将产生坍塌或者局部滑移变形；
- （2）库水波浪的冲蚀作用，使得岸坡产生侵蚀型再造；
- （3）库水位在短时间内的快速回落，使得岸坡岩土体中的地下水不能及时的消散，将在岸坡形成动水压力，导致岸坡产生失稳破坏。

2.8.4.3 塌岸预测

两河口滑坡塌岸预测主要通过图解预测法，选取 145~175m 水位变幅带稳定坡角为 16°，图解出 145~175m 水位再造塌岸宽度为 34m;选取 175m 水位以上稳定坡角为 28°，图解出 175m 水位以上再造塌岸宽度为 75m，再造后缘高程为 215m（两河口滑坡库岸塌岸预测图解）。

图 3-8-2 两河口滑坡塌岸预测图解

2.8.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.8.5.1 滑坡危害性分析

两河口滑坡位于渝巴路（省道）交通要塞—两河口大桥北侧，随着长坝前水位 175m 后，两河口原有大桥被淹，而复建大桥正修建在滑坡体前缘，目前滑坡体的变形直接威胁到复建大桥的安全。该桥为渝巴路必经之地，也是奉节出境的唯一通道，一旦滑坡失稳，影响了大桥功能的发挥，经济损失巨大。另外，滑坡体上现有农户 5 户 22 人及 16 户农户赖以生存的水田、旱田、经济林木等，滑坡的变形破坏严重影响了农户的正常生产生活。

2.8.5.2 实物指标调查

经现场调查，两河口滑坡将直接威胁到石岗乡两河口二社 5 户 22 人，房屋砖混结构面积 260m²，土木结构面积 540m²，水田 6.5 亩、旱地 16 亩、菜地 5 亩、果树 2040 棵、桑树 320

棵、林木 1100 棵，两河口大桥一座（全长 110m）,渝巴公路 200m。另外有 11 户未住在滑坡体上，但其耕地，果园在滑坡体上，约水田 11.5 亩、旱地 18.5 亩、菜地 3.5 亩、果树 960 棵、桑树 220 棵，林木 570 棵。折合总费用 1000 万元。

2.8.6 防治方案比较与建议

2.8.6.1 防治方案分述

（1）工程治理方案
建议防治工程采用抗滑桩+地表排水综合措施进行治理，具体方案如下：
A、抗滑桩工程
在 177m 高程一带布设一排抗滑桩，桩与桩之间用档板墙连接，桩径为 1.5m×2.0m，桩心间距为 6m，锚固深度 16m，平均桩长 20m，共 50 根，估算工程治理费用为 400 万元。
B、地表排水
两河口滑坡体上土体含水较丰富，主要为降水入渗，为减少雨季时降水直接汇流到滑坡体内，在滑坡体后缘和右侧修建一条将砌石排水沟，后缘排水沟横向与右侧排水沟和左侧冲沟相接，并疏通左侧冲沟内的土石，避免沟内溪水流入滑坡体内。估算工程费用为 10 万元。

综上所述，抗滑桩+地表排水综合工程治理费用为 410 万元。
（2）搬迁避让方案
两河口复建大桥工程已基本结束，再次搬迁将会带来直接经济损失约 600 万元，该区修建大桥的地形条件极为有限，若是直接避开滑坡威胁，修建大桥的规模更大,将需要更多的投资,估算搬迁费用为 3000 万元。

（3）监测预警
布置地表位移监测点 3 个，深部位移监测点 1 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 300 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的监测费用为 3.6 万元。

2.8.6.2 防治方案比较与推荐意见

采用工程治理方案,有利于控制滑坡的进一步变形破坏,能充分利用坡体上现有土地资源,为当地社会经济发展创造更好的环境,综合工程治理费用不超过 600 万元;搬迁避让方案将会损失已建大桥一座,经济损失较大,再选桥址建桥将会需要更大的投资,搬迁避让费用和损失在 0.3 亿元以上,因此,从经济、技术、社会效益等方面综合对比考虑,工程治理方案在技术经济上均较合理,建议采用工程治理方案抗滑桩+地表排水综合措施。

2.8.6.3 规划建议

两河口滑坡目前正处于潜在不稳定状态，在滑坡体上及周边地区的任何工程建设活动均应

科学合理，因此建议：

- ①两河口滑坡目前正处于蠕滑变形阶段，整体处于欠稳定状态，在遭遇长时间高强度大暴雨时，两河口滑坡可能复活；
- ②通过对工程治理和搬迁避让的对比，进行工程治理要比搬迁避让经济得多，且社会效益、经济效益和环境效益显著，建议对两河口滑坡进行工程治理，同时作好监测预警工作；
- ③滑坡工程治理应与当地建设规划相结合，滑坡区内要严格限制不利于滑坡稳定性的任何工程建设活动，两河口复建大桥北端引道修建施工前应先对滑坡进行治理。

2.9 李家大沟泥石流

2.9.1 李家大沟概况

2.9.1.1 地形地貌

李家大沟位于 xxxx 新县城三马山，地处长江左岸，距 xx 水库大坝 163km，所在图幅为（1/1 万）口前幅，沟口坐标：X=3436200， Y=36639960。

李家大沟属浅中切割脊状低山沟谷地形，构造剥蚀地貌类型；为近南北走向的冲沟，其上游切割较深，最深达 100~125m，沟源头道踏坪高程 950.6m，在口前注入长江，沟口高程 135m，全长约 3.90km，主沟长约 3.2km，平均纵比降 149.5‰。下游段较平缓，纵比降 77.8‰，中游稍陡，纵比降 127~236‰，上游纵比降 249.1‰。沟坡坡角 40~48°，沟原始地貌形态呈“V”型谷（照片 3-9-1）。

2.9.1.2 气象、水文

勘查区属亚热带山区型湿润季风气候，四季变化明显。流域内无实测气象资料，据 xx 气象局资料（表 3-9-1），多年平均气温 16.9℃，极端最高气温 43℃（1994.8.13），极端最低气温 -5.3℃（1960.1.24），无霜期 298 天，平均日照 1850 小时以上，年平均相对湿度约 70%，多年平均蒸发量 1324.4mm。历年平均降雨量为 1132.2mm，雨量多集中在 5~9 月份，年最大降雨量 1635.2mm（1963.），日最大降雨量 141.3mm（1998.06.1）。

据资料，2001 年降水为 969.9mm 偏少，最大 24 小时降水量为 100.8mm，2002 年降水为

照片 3-9-1 李家大沟上游地貌形态

1280.9mm，最大 24 小时降水量为 73.2mm；2003 年最大 24 小时降水量为 73.3mm。
李家大沟属长江一级支沟。流域面积 2.64 km²，主沟长 3.2km，沟床平均比降为 149.5‰。

为季节性流水沟， 1#拦沙坝内测流量，流速 0.3m/s，流量 6.75l/s（2003.6.28）。李家大沟上游右侧发育 5 条冲沟，左侧发育 1 条冲沟，均为干沟；源头发育两条支沟，基本特征见表 3-9-2。

表 3-9-1		xx 气温、相对湿度及降雨量统计												
项目	年份	多年逐月平均												多年平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
气温 (℃)	1957-1980	5.4	7.3	12	17.1	20.7	24.5	27.7	27.8	23	17.6	12.1	7.4	16.9
相对湿度(%)	1953-1979	67.6	61.8	64.4	66.9	70.8	70.6	69.6	65.4	69	71.1	71.3	71.9	68.6
降雨量 (mm)	1953-1980	13	20.7	58.1	104.1	182.7	145.3	150.2	112.5	157	95.6	48.1	20.2	1132

根据 xx 水库调度方式，水库建成后库区水位变化情况如下：

初期蓄水运行期：每年 10 月至次年 6 月初，水库坝前水位在 135~156~135m 之间逐渐变化；汛期 6~9 月，坝前水位保持在防洪限制水位 135m，其间根据遭遇不同频率洪水，水位最大变幅为 21m。正常运行期间：每年 10 月至次年 6 月初，水库坝前水位在 145~175~145m 之

表 3-9-2		李家大沟各冲、支沟基本特征			
项目 名称	面积（m ² ）	走向（°）	沟长（m）	纵比降（‰）	
主沟	1574975	180~190	3200	137	
冲沟 1#	179675	130	330	485	
冲沟 2#	162550	140	505	356	
冲沟 3#	95075	140	366	383	
冲沟 4#	97825	272	226	331	
冲沟 5#	67725	325	472	477	
左支沟（源头）	183975	15	316	396	
右支沟（源头）	207675	30	210	458	

间逐渐变化；汛期 6~9 月，坝前水位保持在防洪限制水位 145m，期间遭遇 20%、5%、1%和 1‰频率的洪水时，坝前水位分别为 147.2m、157.5m、166.7m、175.0m，洪峰过后水位迅速降至 145m，其间水位最大变幅为 30m。

xx 水库坝前蓄水位已达 135m（2003.6.15），新县城段库水位达 146.7m，库区的水文条件正在发生变化，到 2009 年 8 月 xx 大坝建成后，坝前水位 175m，该段库水位达 175.4m。

2.9.1.3 地层岩性及地质构造

沟域内出露地层为第四系松散堆积层（Q₄）、三叠系中统巴东组（T_{2b}）及其上统须家河组（T_{3xj}）。

第四系松散堆积层：沟内分布第四系人工填土层、坡残积层及滑坡堆积体。三叠系中统巴东组（T_{2b}）为内陆湖相—泻湖相碎屑岩和碳酸盐岩，一、三段以灰岩为主，二、四段以紫红色泥岩为主。三叠系上统须家河组（T_{3xj}），灰黄色厚层状长石石英砂岩，底部有一层厚 2~3m 炭质页岩。

沟域位于近东西向复式褶皱带朱衣背斜构造的北东端，核部地层为三叠系中统巴东组第一、二段，岩层倾向北西或北东，倾角 20~40°，发育裂隙三组：①290~310°∠55~80°、②195~210°∠50~80°、③120~165°∠35~88°，裂隙间距一般 0.3~0.8m，延伸数米，裂面平直，无充填。

沟域构造以褶皱为主，无活动性断裂，仅见小型断层。

2.9.1.4 水文地质

李家大沟处于斜坡地带，地形坡角较陡，且沟谷切割深，无富集大量地下水的地形条件，地下水相对贫乏。基岩中存在少量裂隙水，赋存于 T_{2b}¹和 T_{2b}³泥灰岩、泥质灰岩和砂岩孔隙裂隙中，主要接受大气降水补给，渗入地层中顺孔隙、裂隙运行，但水量贫乏，且埋深较大，多潜伏于冲沟底部及出露于下伏泥岩接触界面附近，裂隙泉水一般长年有水，水量小于 0.01l/s，但随季节变化明显。

照片 3-9-2 为崩坡积堆积层出露的泉水 照片 3-9-3 为坡积堆积层出露的泉水照片

赋存于第四系松散堆积物的孔隙水，介质厚度不大，而且结构松散、孔隙率大、透水性强、孔隙水难以储存，仅见于厚度较大的堆积层中。地下水直接由大气降水补给，枯水季节无水。调查中发现在沟谷的右谷坡有泉水出露，如 5#冲沟沟口泉水出露于崩坡积的地层中，在 1#、2#拦沙坝的右坝肩的下方坡积层均有水从谷坡上渗出（照片 3-9-2、3-9-3）。

2.9.1.5 人类工程活动及植被

李家大沟存在有刘家湾老滑坡、刘家湾新滑坡及新产生的一系列的变形体、不稳定斜坡。新县城的建设已将李家大沟的中下游分级填方整平，整体上将该冲沟的地质环境条件改变，并

照片 3-9-2

照片 3-9-3

在沟的两侧及中部大规模的开发建设，破坏地质环境的人类工程活动强烈。

李家大沟沟域气候温和，日照强烈，降水充沛，山坡向阳，土质以红壤土为主，具有植物生长发育的有利条件。据调查，该地植被群落较简单，沟域内 700m 高程以上分布松树，350~500m 高程分布桐树、柑橘园；500~700m 高程为灌木、草地以及耕地。植被覆盖率约 30%。荒地处于斜坡及基岩裸露地带。沟床的纵比降较大，沟内有不稳定斜坡受雨季水流淘蚀坡脚，环境改造较大，并且水土流失现象越来越严重。

2.9.2 泥石流沟特征

李家大沟沟域平面上呈长条形状，以 4#路为界，上游的汇水区呈倒勺状汇水，但中下游的流通区改变大，堆积区在口前入长江。目前由于 xx 水库蓄水、护岸工程已将原地形改变；本次工作主要针对物源区进行调查。

2.9.2.1 物源区特征

据调查，4#路以北为物源区，汇水面积 1.8km²，主沟长 1008m，纵比降 249.5‰。据地形地貌将其分为右侧斜坡、左侧斜坡、沟源三片区，分片区叙述如下：

1. 右侧斜坡区

右侧斜坡呈台阶状，下部倾角 40~60°，中部较平缓，坡角 10~30°，上部变陡，30~50°。物质成分表层为坡残积碎石土，厚约 1~5m，下部为三叠系中统巴东组三段（T_{2b}³），岩性为中一厚层状的泥灰岩和泥质灰岩及钙质泥岩。坡上植被发育，多为坡耕地，局部为灌木和杂草。发育 5 条冲沟，将斜坡切割成 5 段（照片 3-9-4、3-9-5）。

2#冲沟：总体走向 140°，延伸至上部陡坡长约 505m，纵比降 356‰，呈 V 字型。冲沟出口处：左侧坡角 55°，右侧坡角 40°，沟底宽 8m，沟深 18m。沟底有巴东组出露，其岩性为中一厚层状泥灰岩夹薄层泥岩，强风化，产状 282∠10°。

2#冲沟左侧（HP-05）滑坡平面形态呈不规则矩形，滑体长度 100m，宽度 250m，最厚 20m，面积 2.5×10⁴m²，体积 20×10⁴m³。主滑方向 115°，前缘高程 430m，后缘高程 475m，前缘直

照片 3-9-4 右侧斜坡上发育的冲沟

照片 3-9-5 右侧斜坡上发育的冲沟

照片 3-9-6 H-05 滑坡的剪出口及滑带土

照片 3-9-7 H-05 滑坡的剪出口及滑带土

抵李家大沟沟底（照片 3-9-6、3-9-7），后缘在一平台陡坎下，左侧以地形陡缓为界，右侧以 2#冲沟为界。滑体物质为碎石土，碎石为泥灰岩和泥质灰岩碎块，棱角状，占 30%。土为残坡积土，含粘粒物质。据访滑坡早在 150 年前发生过滑动，目前前缘崩塌严重。

3#冲沟：总体走向 140°，延伸至中部平台长约 366m，纵比降 383‰，呈 V 字型。沟壁近直立。冲沟出口处沟底宽度 3m，往上游逐渐变宽，达 8~10m，沟深 15~20m。沟底和沟壁中下部为块碎石堆积，粒径 20~100cm，为灰岩和泥质灰岩碎块，次棱角状，粘性土充填，两壁上部为灰岩和泥灰岩的碎石土堆积，碎石粒径<20cm，土石比 6：4。谷坡植被较发育，多为灌木和杂草，覆盖率 20%。冲沟出口左侧发生一处崩塌，方量约 2×10⁴m³。

4#冲沟：出口至中部平台走向 270°，长约 226m，纵比降 331‰。延伸至上部陡坎，走向 330°，长约 150m，比降 400‰。冲沟出口处，沟底为块碎石堆积，碎石成分为泥灰岩，次圆状，强风化，粒径 100~130cm，占 80%，粒径 20~100cm，占 15%；冲沟往上游，粒径逐渐变小。沟深 15~5m。两侧植被较发育，多为灌木和杂草，覆盖率 20%。

5#冲沟：走向 325°，延伸至上部陡坎，长约 472m，纵比降 477‰，呈 V 字型，右侧近直立，左侧坡角 50~60°。出口处沟底宽 6m，深 15m。与 4#冲沟交汇，中间隔离体宽约 10m，高 15m，为块碎石土，下部块碎石粒径较大，10~50cm，中上部<10cm，土石比 1：1。冲沟左斜坡上有一人工碎石堆积体，为青莲水库隧道料场，碎石成分为泥灰岩和泥质灰岩，弱风化，棱角状，堆积体呈不规则柱状体，高约 20m，前缘长约 30m，顶部平台长约 15m，宽 8m，堆积体坡角 36°，堆积体方量约 1×10⁴m³。

据统计，右侧斜坡区松散层分布区按 1m 厚计算，有物质 120×10⁴m³，加上滑坡和不稳定

斜坡的物源量总共约有 $204\times 10^4\text{m}^3$ 。

2. 左侧斜坡区

李家大沟的左侧斜坡下部地形陡峻，坡角 $50\sim 60^\circ$ ，上部稍缓 $30\sim 50^\circ$ ，岩体较完整，出露的基岩为三叠系中统巴东组三段，岩性为中—厚层状的泥灰岩和泥质灰岩，倾向 NE—SE，倾角小于 20° ，浅部岩体强—中风化。斜坡的缓坡表层为风化残坡积堆积物，厚约 30~50cm；坡上植被发育，多为灌木和杂草，覆盖率 30%。左侧斜坡较大的冲沟为卧马槽冲沟，冲沟的上部因弃土填方已形成人工填土高边坡，临空方向 250° ，坡角 $30\sim 35^\circ$ ，坡面上宽 70m，下宽 15m，临空坡高约 50m。物质成分主要为粉质粘土和碎、块石。碎石成分为泥灰岩和泥质灰岩，粒径 3~20cm，块石成分以泥质灰岩为主，粒径 50~80cm，块碎石占 30%，填方总方量约 $25\times 10^4\text{m}^3$ 。2#拦沙坝下约 20m，有两个采石厂（现已停止采石），外侧堆积采石废渣，长 50m 宽 30m 高 30m，堆渣场的坡角 40° ，颗粒大小 0.3~5cm，角砾占 70%，碎石占 25%，土仅占 5%，方量约 $3\times 10^4\text{m}^3$ 。

两个拦沙坝之间左侧斜坡存在滑坡 H-09，平面形态呈长条形，下凸上凹。滑体长度 130m，厚度 5~8m，面积 6500m^2 ，体积 $3.2\times 10^4\text{m}^3$ ，主滑方向 258° ，前缘高程 430m，后缘高程 530m，前缘直抵冲李家大沟沟底（照片 3-9-8、3-9-9），后缘 530m 高程处，存在下坐后壁以及拉裂缝，两侧边界为小冲沟。滑体物质为块碎石，主要成分为泥质灰岩，棱角状、次棱角状，表面有轻微溶蚀。块石粒径 50~80cm，占 40%，碎石粒径 5~15cm，占 45%，角砾占 10%，粘性土占 5%。

照片 3-9-8 H-09 塌滑后堆积于沟内

照片 3-9-9 H-09 塌滑后堆积于沟内

照片 3-9-10 上游沟内松散物及水流

照片 3-9-11 沟床堆积的松散物质

2003 年 6 月 5 日，李家大沟左侧谷坡发生滑移，据在后缘的调查，滑坡后部局部下错 2~3m，有拉裂缝 3 条，长 36m，走向近南北，张开达 15cm，深 3~20cm。据统计，左侧斜坡区面上松散物加上滑坡和人工堆积的物源量共有约 $61\times 10^4\text{m}^3$ 。

3. 李家大沟主沟源头区

源头区由两条支沟组成，汇水区呈倒勺状，地层岩性为巴东组顶部的钙质泥岩和须家河组长石石英砂岩组成，坡面分布崩坡积堆积物厚 0~8m。右支沟走向 330° ，右谷坡坡角 $20\sim 40^\circ$ ，左谷坡坡角 $30\sim 50^\circ$ ，沟口形态呈 V 字型，宽 2~5m，长 210m，纵比降 458‰；左支沟沟向 15° ，两侧坡角 $30\sim 60^\circ$ ，沟口呈 V 字型，宽 2~5m，长 316m，纵比降 396‰。两条支沟中间为山梁，分布崩坡积堆积物，并在前缘有 H-7、H-8 两个土质滑坡。分别位于左支沟的右侧和右支沟的左侧。

H-7 滑坡，平面形态呈长条形，上凹下凸，坡角 30° ，滑体长度 45m，厚度 5m，面积 900m^2 ，体积 4500m^3 ，主滑方向 170° ，前缘高程 600m，后缘高程 630m，前缘直抵冲沟底，后缘为平缓坡顶，下坐 5m，左右两侧边界为目前滑动错落边界；由于地表水冲刷坡脚，导致斜坡滑动。滑体物质为碎块石土，块石成分为强风化灰白色细砂岩，次棱角状，粒径 40~100cm，占 20%；碎石成分为紫红色和 灰白色砂岩，次棱角状、次圆状，占 30%，土为棕红色砂土，占 50%。H-8 滑坡平面形态呈矩形，滑体长度 40m，厚度 8m，面积 1100m^2 ，体积 8800m^3 ，主滑方向 145° ，前缘高程 605m，后缘高程 630m，前缘直抵冲沟底，后缘在一平台上，滑体物质为碎块石土，碎石成分为泥灰岩和泥质灰岩，棱角状，粒径 2~30cm，占 30%。土为残坡积物，含粘粒物质。目前滑体后缘裂缝长 5m，宽 20~40cm，可见深度 8m，处于不稳定状态土质滑坡。沟源区面上分布的松散物有 $58\times 10^4\text{m}^3$ ，经统计总的物源量约 $60\times 10^4\text{m}^3$ 。

在主沟床中有松散的的填方及冲洪积堆积物约 $1\times 10^4\text{m}^3$ （照片 3-9-11）。

总之，李家大沟上游物源区汇水面积大，物源丰富，固体物质总计 $325\times 10^4\text{m}^3$ （表 3-9-6），并且沟床纵比降大，为李家大沟泥石流发生提供了必备的条件。表 3-9-3、3-9-4、3-9-5 为勘查取样试验成果

表 3-9-6		物源区松散物组成初步统计表		单位： $\times 10^4\text{m}^3$
物源区名称	编号	直接参与活动的物质	未来参与活动的物质	合计
右斜	H-05	1	19	20

坡 区	H-06	1.3		1.3
	XP-04-1	1	25	26
	XP-04-2	1	15	16
	XP-04-3	1	20	21
	坡面堆积			120
左斜 坡区	H-09	1.5	1.5	3
	XP-02		25	25

	坡面堆积			33
源 头 区	H-07	0.45		0.5
	H-08	0.88	0.6	1.5
	坡面堆积		58	58
沟中堆积		1	1	1
总 计	325			

表 3-9-3李家大沟泥石流勘查土的物理性质试验成果

原 样 编 号	取 样 深 度 (m)	土依 规范 分类 GB/T 50123-1999	含 水 量 ω_0 (%)	密 度 ρ_0 g/cm ³	比 重 G_s	饱 和 度 S_r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e_0	液 限 ω_L (%)	塑 限 ω_p (%)	塑性 指 数 I_p	液性 指 数 I_L	压 缩 试 验					备 注
													压缩 模量 E_s (Mpa)	压缩系数 a_v (Mp ⁻¹)				
														0~ 0.05	0.05~0.1	0.1~ 0.2	0.2~ 0.3	
LJY-01	3.60-3.80	粉质粘土	21.8	1.99	2.74	88	40	0.677	32.1	18.0	14.1	0.27	7.19	0.41	0.26	0.23	0.20	扰动
LJY-02	3.20-3.40	粉质粘土	22.7	2.01	2.74	92	40	0.673	33.3	18.6	14.7	0.28	6.54	0.86	0.37	0.26	0.22	扰动
LJY-03	9.10-9.30	粉质粘土	24.5	2.02	2.74	97	41	0.689	35.3	19.6	15.7	0.31	4.18	1.02	0.64	0.40	0.34	扰动
LJY-04	4.80-5.00	粉质粘土	25.2	2.01	2.74	98	41	0.707	35.4	19.2	16.2	0.37	4.68	0.86	0.48	0.36	0.31	扰动

表 3-9-4李家大沟泥石流勘查土的抗剪强度试验成果

原 样 编 号	取 样 深 度 (m)	土依 规范 分类 GB/T 50123-1999	抗 剪 强 度(快剪)				抗 剪 强 度(多次剪)				备 注
			天然状态		饱和状态		天然状态		饱和状态		
			内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	
LJY-01	3.60-3.80	粉质粘土	16.2	51	14.5	36	13.3	28	11.4	18	扰动
LJY-02	3.20-3.40	粉质粘土	15.5	45	12.7	29	11.8	20	10.2	16	扰动
LJY-03	9.10-9.30	粉质粘土	12.0	33	11.5	26	8.6	23	8.0	13	扰动
LJY-04	4.80-5.00	粉质粘土	11.5	29	10.7	22	8.5	17	7.5	11	扰动

表 3-9-5李家大沟泥石流勘查土的颗粒分析试验成果

原 样 编	取 样 深	土依 规范 分类	颗 粒 组 成 百 分 比 (%)				备 注
			砾 粒	砂 粒	粉 粒	粘 粒	
			粒 径 大 小 d (mm)				

号	度 (m)	GB/T 50123-1999	>20	20~2	2~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.074	0.074 ~ 0.05	0.05~ 0.01	0.01~ 0.005	<0.005	
LJY-01	3.60-3.80	粉质粘土		7.4	3.8	1.9	0.7	30.3	24.9	4.7	26.3	扰动
LJY-02	3.20-3.40	粉质粘土					2.7	28.9	32.7	5.5	30.2	扰动
LJY-03	9.10-9.30	粉质粘土		7.1	4.2	2.6	1.2	26.5	27.8	4.1	26.5	扰动
LJY-04	4.80-5.00	粉质粘土		5.5	2.7	1.4	2.2	26.8	28.7	3.5	29.2	扰动
LJY-05	4.60-4.80	砾 石		53.7	17.3	4.5	3.7	7.9	8.2	1.4	3.3	扰动

2.9.2.2 流通区特征

流通区位于现 4[#]路在沟中拐弯处到沟内沿江大道。长约 1400m，沟深 50~70m，沟宽 30~100m，沟两侧为陡坡，坡度角 40~55°。两侧呈不对称的 V 字型，沟床纵比降 127~236‰。出露地层为第四系松散堆积层（Q₄）：人工填土层、坡残积层、冲洪积层及滑坡堆积体；基岩为三叠系巴东组（T_{2b}）一段灰岩、二段紫红色泥岩以及三段泥质灰岩。

在流通区上段的右侧斜坡上分布有 4 个滑坡、变形体：刘家包变形体（H-01），体积 235×10⁴m³。双扶实业填土滑坡（H-02），位于刘家湾滑坡的前缘，发育于人工填土中，体积约 13.75×10⁴m³（已勘查治理）。刘家湾老滑坡（H-03）为一大型岩质滑坡，体积 793×10⁴m³（已勘查治理），主滑方向 136°。刘家湾新滑坡（H-04）发育于老滑坡主滑线中前部李家大沟岸坡地带，为土质滑坡，体积约 122×10⁴m³（已勘查治理），主滑方向 140°，与老滑坡滑移方向基本一致。

由于新县城的建设，流通区沟形已被分级填方，沟底已建厢涵，断面 2×3m，形成了沟中填方边坡。X-01（照片 3-9-12）边坡为人工弃土形成，方量约 70×10⁴m³，坡脚高程 250m，顶面高程 305~311m，纵坡长 125m，横坡宽 100~125m，坡向 200°。边坡高 61m，坡角 30~41°；表部块石粒径最大 1.5m，间隙充填粘性土，结构松散、有架空。坡眉向内 8m 部位分布有变形裂缝，其中裂缝①走向 110°，延伸长 35m，宽 10~15cm，下坐 28~40cm；裂缝②走向 96°，延伸长 18m，宽 5~10cm，向南下坐 5~8cm，最大 15cm，与裂缝①相距 1.5m；裂缝③走向 115°，延伸长 35m，宽 20cm，向南下坐 43cm；距裂缝②1.4m，裂缝带距坡眉 3.5m；并且局部有塌滑现象。边坡处于潜在不稳定状态，前缘极易失稳或发生泥石流灾害。在其后就有奉节人民大会堂等在建工程；沟两侧大规模的工程建设已使流通区变成了威胁区、危险区，同时由于大量弃土形成的不稳定的斜坡，使得原流通区成为泥石流的物源区之一，目前仅流通区填方总量已超过 300×10⁴m³。

照片 3-9-12 X-01 人工填土边坡 照片 3-9-13 李家大沟的中下游地形

2.9.2.3 堆积区特征

堆积区位于沟内沿江大道至口前入江口(照片 3-9-13)，堆积区前部面临长江，宽达 300m，后部宽 100m，纵长约 700m，纵比降 77‰。目前堆积区地面高程 138m，主要为人工填土形成面积宽广的场区，平面面积约 15×10⁴m²。据前人资料，入江口沟床原高程 135m，沟口方向 130°，部分物质直接进入长江，口前一带堆积物质约 1×10⁴m³。由于 xx 水库的蓄水，加之库岸的保护，沟口方向已改变为 180°。

2.9.3 泥石流流体特征

2.9.3.1 泥石流流体重度

泥石流流体重度的计算：李家大沟泥石流无实测的泥石流流体重度的数据，据西南地区的经验数据，李家大沟泥石流其流体的重度 γ_C 取 1.60 t/m³

2.9.3.2 泥石流峰值流量

李家大沟具有典型的山区河流特点，暴涨暴落，洪水期为 3~8 月。由于流域地势高陡，冲沟纵坡大，汇流急速，在暴雨期间极易形成洪峰。无雨时则基本断流。李家大沟流域内无实测雨洪资料可供分析计算。距流域中心直线距离 4.0km 处设有奉节气象站，该站是国家基本气象站点之一，资料可靠，流域与站址相距甚近，属同一气候区，是本次调查、计算理想的参证站。

李家大沟各频率设计洪水的计算，利用奉节气象站年最大 24 小时降水量频率分析计算成果、流域参数，采用推理公式 $Q = 0.278\Psi S / \Gamma^n \bullet F$ 对各频率的相应洪峰流量进行叠代计算。仅由计算获得不同频率下干流出山口的最大流量（表 3-9-7）。

表 3-9-7 李家大沟出山口各频率下最大洪峰流量成果表						
P(%)	1	2	5	10	20	50
$Q_B(m^3/s)$	67.4	61.5	53.6	47.5	40.9	30.6

泥石流流量计算，采用四川省地理所的配方法计算泥石流流量，公式如下：

$$Q_C = Q_B(1 + \phi)D_C$$

其中：
$$\phi = \frac{\gamma_C - 1}{\gamma_H - \gamma_C}$$

式中： Q_C, Q_B 分别为泥石流及洪水设计洪峰流量（m³/s）

D_C 一堵塞系数，考虑可能发生轻微堵塞，取 $D_C=1.4$

γ_C 一泥石流设计重度，取 $\gamma_C=1.60$ （t/m³）

γ_H 一泥石流固体物质比重（t/m³），本次勘查对沟域内的松散物取了 5 组土样并

做了 5 组大重度试验，据试验资料取 2.72t/m³

将上述参数取值代入公式，计算结果如表 3-9-8。

表 3-9-8 李家大沟各频率下泥石流峰值流量						
P(%)	1	2	5	10	20	50
$Q_C(m^3/s)$	144.91	132.22	115.24	102.12	87.94	65.79

2.9.3.3 泥石流流速

采用通用计算公式：

$$V_c=\frac{1}{n_c}H_c^{\frac{2}{3}}I_c^{\frac{1}{2}}$$

H_C —计算断面平均泥流深（m）， H_C 取 2；

n_C —泥石流沟床糙率， n_C 取 0.077；

I_C —泥石流水力坡度（‰）， I_C 取 249.1‰；

将上述参数取值代入公式，其泥石流流速 V_C =10.31m³/s

2.9.3.4 泥石流一次最大冲出量

一次泥石流冲出量由于未能调查到，故采用计算公式确定。据 xx 气象局 2003 年 12 月 1 日提供的资料，1980~2002 年降水中，H_{时max}=66.9mm，H_{时cp}=36.7mm。设计降水历时 3 小时。

（1） 洪水流量

计算公式：

$$Q_B=0.278H\max fF$$

f —汇流系数，取 f =0.70；

F —沟域面积（ km^2 ），F 为 2.64km²；

将上述参数取值代入公式，计算结果：最大洪水流量为 34.37m³/s，平均洪水流量为 18.85 m³/s；

（2） 泥石流流量

计算公式：

$$Q_C=Q_B(1+\phi)D_C$$

将上述参数取值代入公式，计算结果：最大泥石流流量为 73.59m³/s，泥石流平均流量为 40.53m³/s，

（3） 一次最大冲出量

计算公式：

$$W_C=0.107Q_cT_C$$

Tc—泥石流发生时间，取 120 分钟；

将上述参数取值代入公式，计算结果：一次泥石流平均冲出量 31222m³；一次泥石流最大冲出量 56694 m³；

固体物质一次最大冲出量

计算公式：

$$W_s=\frac{\gamma_c-\gamma_w}{G_m-\gamma_c})W_C$$

将上述参数取值代入公式，计算结果：一次泥石流固体物质平均冲出量 16860 m³；一次泥石流固体物质最大冲出量 30615m³；

（4）百年一遇一次冲出量

根据上述各类计算公式，将百年一遇泥石流洪峰流量 144.91m³/s，以及其余参数代入公式，计算结果：百年一遇的泥石流洪峰最大冲出量 111639 m³；百年一遇泥石流固体物质最大冲出量 60285m³；

2.9.4 泥石流的发展趋势预测

2.9.4.1 泥石流综合分析

经调查，对李家大沟泥石流的易发程度进行数量化打分判定结果，见表 3-9-9（县（市）地质灾害调查与区划技术要求）。综合评判得分 115>114，李家大沟泥石流为极易发的、威胁严重的，有一触即发之势。

表 3-9-9 石流沟严重程度数量化评分标准判定表

序号	影响因素	权重	严重程度	得分
1	崩塌滑坡和水土流失严重程度	0.159	严重	21
2	泥沙沿程补给长度比（%）	0.118	>87%	16
3	沟口泥石流堆积活动程度	0.108	轻微	7
4	河沟纵坡（坡度或‰）	0.090	149%	9
5	区域构造影响程度	0.075	中等	7

6	流域植被覆盖率（%）	0.067	10%	9
7	河沟近期一次变幅（m）	0.062	2	8
8	岩性影响	0.054	软硬相间	5
9	沿沟松散物储量（10 ⁴ m ³ km ⁻² ）	0.054	230	6
10	沟岸山坡坡度（度或‰）	0.045	>45°	6
11	产沙区沟槽横断面	0.036	V 型沟谷	5
12	产沙区松散物平均厚度（m）	0.036	1.8	3
13	流域面积（km ² ）	0.036	2.64	5
14	流域相对高差（m）	0.030	815	4
15	河沟堵塞程度	0.030	严重	4
				115

李家大沟的水源主要来自降雨，一般降水在坡面上形成片流和散流，将坡面物质冲刷至河道，同时使两岸土体饱水并产生潜流，形成崩塌滑坡。在小雨、中雨期间，由于水动力小，这些物质多停留在沟床内，不断累积；在大雨特别是暴雨期间，一方面坡面形成较强的水流冲刷及片流散流冲刷，同时土体饱水产生潜流，形成土体滑动补给沟道，另一方面坡面迅速汇水在沟道中形成径流，支沟的汇水面积大，两岸坡陡，汇流迅速，形成洪峰，加之支沟坡降陡，流速快，流量大，水能大，在沟底形成强烈冲蚀，将沟底堆积物一并卷入水中，致使洪水中固体物质含量急剧增加，加之强烈的侧蚀作用，淘蚀岸坡，使之崩塌，塌岸汇入水中，干流洪水中土石含量剧增，形成巨大泥石流。

2.9.4.2 泥石流预测评价

李家大沟为一季节性冲沟，沟两侧植被发育较好，但由于右侧斜坡破碎以及沟水的冲刷，每年斜坡都发生不同程度的塌滑，提供了丰富的物质。李家大沟中后部汇水区面积较大，沟谷纵比降较大，这些均有利于泥石流的形成。

泥石流沟沟床纵比降平均约 149.5‰，物源区汇水面积约 1.8×10⁴m²，分布松散土体总方量约 325×10⁴m³，按每年有约 5~15% 体积的松散物进入沟中，则将有 15~50×10⁴m³ 的物质对下游造成威胁。

流通区沟道长约 1400m，沟床纵比降 127~236‰。堆积区位于沿江大道以南，可能堆积范围面积约 1.05×10⁴m²。泥石流目前处于暂时平衡状态，但其形成区物源丰富，沟谷纵比降较大，在连续降雨和暴雨条件下，极有可能发生规模中等一大型的泥石流灾害，尤其在雨季，发生活动的频率较大，发生灾害的可能性大。

据调查，xx 每年有 4~7 次降水大于 50mm/h 的暴雨，该雨强在李家大沟形成的泥石流将可能造成不可挽回的损失。

2.9.5 泥石流危害性分析及实物指标调查

2.9.5.1 泥石流危害性分析

在目前沟域环境条件下，泥石流爆发只不过是时间问题。泥石流一旦爆发，将会严重危害中下游及两侧的建筑设施，并且刘家湾新滑坡和双扶实业填土滑坡有可能发生失稳。以及中游沟底大量人工填土，将会大量补给泥石流，造成更大危害。

该泥石流沟由于上游作了防洪工程，目前处于基本平衡状态。但泥石流每年雨季都要发生不同程度的活动，2001 年和 2002 年暴雨季节曾连续发生两次较严重的泥石流，泥石流携带物质淤埋路面，造成公路阻断达 10 天。

由于可供泥石流安全堆积的停淤范围较小，一旦泥石流灾害发生，极有可能冲毁 4#路以下的大量建筑，其毁坏力与降水量大小、降水时间长短有一定关系，造成的直接经济损失大。

由此本次勘查对李家大沟泥石流的威胁区和影响区进行了实物指标的调查。

2.9.5.2 实物指标调查

李家大沟泥石流威胁永安镇明月社区单位和职工宿舍楼，单位有：

1. 双扶公司饭店，现有职工 100 多人，框架结构，面积 5000m²，职工综合楼住户有 64 户，194 人，砖混结构，面积 7308.1m²；
2. 民政建筑公司职工综合楼住户 56 户，156 人，框架结构，面积 9739.6m²；
3. 旅游宾馆楼正在兴建中，框架结构，面积 7300m²；职工综合楼住户 62 户，187 人；
4. 西江山庄综合楼 2 栋正在兴建中，框架结构，面积 19178m²；
5. 移动通讯公司办公楼，职工 17 人，砖混结构，面积 3300m²；
6. xx 商贸大厦，正在兴建中，框架结构，面积 32800m²；
7. xx 人民大会堂，正在兴建中，框架与砖混结构，面积 12000m²
8. 政通桥长 264m，属大型桥梁。
9. 沿江大道、4#路、人和路共长约 1km。

该泥石流影响到奉节新县城的规划与建设，直接影响对象为交通、建筑和人群安全。威胁影响人群约 5000 人。总计：楼房框架结构面积 94117.6m²，砖混结构面积 13808.1m²；住户 182 户，654 人。折合总经费为 25000 万元。

2.9.6 泥石流防治方案比较与推荐建议

2.9.6.1 防治方案分述

1. 工程治理

对李家大沟泥石流的治理应采取生物治理、拦挡工程、排导工程等。在上游地段修建多处拦挡停淤，水石分流，防止沙石淤积、堵塞箱涵，确保箱涵畅通，作好排导系统。

- (1) 在泥石流形成的物源区植树造林，估算费用为 200 万元。
- (2) 配合生物措施在拦淤条件较好的部位修建 1 座拦挡坝，并对已建的 2 座拦沙坝清淤、加高加厚，主要目的是拦淤固体物质，同时稳定岸坡。使泥石流流体经过拦沙坝后基本变成清水流。拦沙坝的坝体均采用钢筋混凝土，估计需要混凝土 4000m³，估算费用为 250 万元。
- (3) 在沟谷上游的不稳定斜坡地带修建 8 座谷坊坝，主要目的是稳定岸坡，在生物措施发挥作用之前拦淤部分固体物质。谷坊坝均采用混凝土，需砼 3000m³，估算费用 200 万元。
- (4) 在物源区的主沟及冲沟沟口修建归流渠 800m，主要是进一步防治沟水对谷坡坡脚的冲刷。估算费用 30 万元。
- (5) 在李家大沟的上游—中游段修建排导槽 1100m，排导槽需用高强度的混凝土，并加盖板，根据计算排导槽的断面应在 12~15m²，需混凝土 16500m³，并与下游城市规划结合，主要为防治百年不遇的强降雨形成的泥石流，估算费用 1160 万元。工程治理费为 1640 万元。

生物工程治理费为 200 万元

2. 搬迁避让

受李家大沟泥石流威胁人口 182 户，654 人。搬迁费用按 3 万元/人计，即需资金 1962 万元，但有 2.5 亿元以上的固定资产不能搬迁。

3. 监测预警

对泥石流灾害的监测预警需要在沟中建设监测设施及监测设备，费用约 100 万元，以及建立一支专业监测预警队伍，每年费用 30 万元。

2.9.6.2 防治方案比较与推荐意见

为防治泥石流暴发，1998 年在新县城建设初期，由 xx 新县城指挥部组织在李家大沟主沟及冲沟现已设置了三座谷坊坝和两座拦挡坝，同时顺沟底修建了排洪厢涵，并发挥了效益。为工程治理积累了一定的经验。

根据对李家大沟流域的认识以及对收集的已有资料分析，建议对李家大沟泥石流进行生物与工程综合治理。

2.9.6.3 规划建议

- 1. 李家大沟为近南北走向的冲沟，面积 2.64km²，其上游切割较深，最深达 100~125m，沟源高程 950.6m，在口前注入长江，沟口高程 135m，主沟长约 3.2km，平均纵比降 149.5‰。下游段较平缓，纵比降 77.8‰，中游稍陡，纵比降 127~236‰，上游陡，纵比降 249.1‰。
- 2. 李家大沟域有松散堆积物约 620 万方，同时该区域每年有强降雨，加之人类工程活动

的剧烈改造，为泥石流的发生提供了必备条件。

- 3. 该泥石流沟威胁 xx 的城区的建筑、主干道人和路、政通桥及沿江大道和威胁人群 5000 人，估计经济损失 25000 万元。
- 4. 根据对李家大沟流域的认识以及对收集的已有资料分析，建议对李家大沟泥石流进行生物与工程综合治理。
- 5. 李家大沟中下游人类工程活动剧烈，对自然沟谷的改造、破坏极大，并且还在继续，建议对沟中及冲沟内的高填方区、高边坡区加强变形监测。
- 6. 建议李家大沟在未得到有效治理前不能在沟域继续工程建设，同时每年应及时进行对已设置的 3 座谷坊坝与 2 座拦挡坝和沟谷内的清淤工作。
- 7. 建议对李家大沟泥石流进行详细勘查。

2.10 陈家沟滑坡群

2.10.1 陈家沟滑坡群地质特征

2.10.1.1 滑坡群的空间形态

陈家沟滑坡群位于宝塔坪小区西侧梅溪河左岸斜坡地段（照片 3-10-1），上距奉节老县城约 1km，下距长江约 0.4km。地理坐标 x=3437550，y=37360150，属（1/1 万）xx 幅。目前场地高程 140~400m，相对高差 260m。主滑坡平面形态成扇形展布，后缘高程 375m 左右，目前可见滑坡前缘高程 140m 左右，滑坡轴向长度约 440m 左右，东西宽度约 120~400m。钻孔揭示滑体平均厚度 53.86m，最厚处位于滑坡中部厚约 99.35m。滑坡现有分布面积约 16.0×10⁴m²，体积约 960×10⁴m³。次级滑体高程 140 m 以下已被库水淹没。。

主滑体两侧有两条大冲沟，为主滑体边界，其中右边界为窑湾村沟，走向 NE~SW；左边界为陈家沟，右侧距抚军桥 NE 方向约 340m；后缘高程约 375m，宽约 100m；前缘边界，临梅溪河一侧已淹没于水下，陈家沟一侧高程为 170~210m。主滑体上地形坡角较大，主要发育两级平台，高程 280~290m，其平均地形坡角为 15~18°；高程 210~220m，其平均地形坡角为 5~8°。其他地段地形 坡角介于 26~33°之间，局部可达 45°。

照片 3-10-1 陈家沟滑坡全貌

在主滑体 SW 角发育一较大型的次级滑坡。次级滑体两侧均以冲沟为界：右边界为窑湾村，走向 NE~SW；左边界为沈家坡东侧冲沟，目前已被人工填土堆填；后缘高程约 275m，宽约 120m.；前缘已淹没于水下，据前人资料其前缘高程为 80m 左右。在该次级滑体上钻

孔揭示滑体厚度为 43.5m。

此外,在陈家沟 NW 侧也发育一小型滑坡,其主滑方向与陈家沟走向近于垂直。

2.10.1.2 滑坡物质组成及结构特征

(1) 滑体

从地表和钻孔揭示，滑体物质组成为：第一层为粉质粘土夹少量碎块石，碎块石成分为灰色或灰绿色泥灰岩以及少量紫红色泥岩，分布于地表；第二层为块石碎石夹土，是滑体的主要组成部分，块碎石成分为青灰色泥灰岩，呈棱角状，强风化，其中溶蚀现象明显，随深度增加而土体含量减少，块碎石增多，深度可达 83.5m。该层在整个滑体中连续分布；第三层为碎裂岩体，为巴东组三段（ T_{2b}^3 ）的泥灰岩、泥质灰岩，厚度约 7.3~55m 不等。

(2) 滑帶

滑带厚度约 0.4~3m,滑带土为含砾粘性土,软一可塑状,湿一稍湿。砾石含量约 20~30%,呈次棱角状、少数次圆,粒径一般 0.5~3cm,钻孔 (CJZK03) 中可见到擦痕和磨光面。次级滑体前缘剪出口已被淹没于水下,在公路边坡上,由于公路修建开挖揭露出一软弱夹层,该处有一泉出露,为今后公路以上局部边坡失稳的可能剪出口。钻孔 (CJZK04) 揭示该处滑带深度在 42.15~42.85m。

(3) 滑床

从勘探资料显示,滑床为巴东组三段(T_{2b}^3)的泥灰岩、泥质灰岩,滑床基岩表层局部牵动破碎,风化强烈,其下岩石较完整,为缓倾的顺向坡。滑床形态见陈家沟滑坡工程地质纵剖面图。

2.10.1.3 滑坡水文地质

区内地下水从化学成分上讲主要为重碳酸钙镁型水。根据地下水赋存条件区内地下水

分为孔隙水和岩溶裂隙水。

孔隙水第四系松散滑坡堆积体中，由大气降水补给，受季节变化影响，动态不稳定。它常常在堆积物前缘与基岩阻水面处以泉的形式排泄于地表，如 CJQ1、CJQ2 两泉，其部分补岩溶裂隙水主要赋存于巴东组三段（ T_{2b}^3 ）的泥灰岩、泥质灰岩的裂隙和岩溶空隙中。主要接受大气降水补给，据已有研究资料显示，在已被现今库水淹没的梅溪河边高程为 80m 处有一岩溶下降泉，其水量可达 40L/min，水量丰富长年有水。

陈家沟滑坡位于长江一级支流梅溪河左岸，距河口约 0.4km。梅溪河在此以 160°方向注入长江，为区内地表水、地下水的排泄基准面。区内发育两条较大且垂直于梅溪河的冲沟，一条是：陈家沟滑坡 SE 侧为陈家沟，沟源高程 800m，主沟长约 2300m，沟深约 10~150m，沟床纵比降为 20%，汇水面积 1.6km²。另一条是滑坡 NW 侧的窑湾东沟，沟源高程 665m，切割深度 10~25m，沟床纵比降 42%，汇水面积 0.24km²。此外在滑坡体及边侧发育三条冲沟：一是滑坡 NW 侧为窑湾村沟，沟长约 500m，切割深度 1~15m，为陈家沟滑坡的右边界，地表水汇于此沟排入梅溪河。二是滑坡体中部一冲沟，方向 NW-SE 向，为滑坡体中的主要排水沟，切割深度 1~10m 不等，尖灭于滑坡后缘附近，地表水汇于此沟排入陈家沟最终汇入梅溪河。三是滑坡左侧边界 NW-SE 向冲沟，切割深度 2~20m 不等，该冲沟一直延伸至滑坡后缘以上 440m 高程附近，地表水汇于此沟排入陈家沟最终汇入梅溪河。区内地表水主要通过以上沟谷排泄入梅溪河。

2.10.1.4 滑带土物理力学性质

根据现场大重度试验测试结果，滑坡体物质天然重度取其平均值 22.5kN/m^3 。根据试验和已有研究资料类比，滑坡相关物理力学性质参数建议取值如表 3-10-1：

表 3-10-1

xx 陈家沟滑坡滑体土物理力学性质一览表

样品编号	天 然 含水量	天然 密度	饱和度	比重	孔隙比	液限	塑限	塑性 指数	液性 指数	压缩 系数	压缩 模量	天然峰值		饱和峰值	
												凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角
CJZK3-1	28.9	1.95	98	2.74	0.811	33.8	18.6	15.2	0.68	0.27	5.72	13.2	23	9.5	13
CJZK3-3	31.5	1.91	97	2.74	0.886	35.1	18.9	16.2	0.78	0.38	4.20	16.2	21	13.7	13
CJZK4-1	27.8	1.98	98	2.75	0.775	35.8	18.0	17.8	0.55	0.29	5.28	11.5	22	7.0	8
CJZK4-2	28.2	1.97	97	2.74	0.783	33.5	17.8	15.7	0.66	0.29	5.16	13.7	24	11.5	15

2.10.2 滑坡形成机制

2.10.2.1 滑坡变形特征及发育史

陈家沟滑坡主滑体从目前地表调查来看，未发现明显的变形迹象，只是在坡体冲沟附近有局部的滑塌现象，规模很小。而次级滑体变形迹象明显，在次级滑体中部高程约 210m 左右部位，变形迹象明显，具体表现为，居民住房地面开裂、主墙体开裂（照片 3-10-2）。在次级滑体的后缘（公路上方）居民住房地面也表现出裂缝发展迹象（照片 3-10-3）。以上裂缝发育方向为 85~105°范围内，裂缝开裂明显表现在去年洪水后退时期，水库蓄水后，暂无明显变形发展。

从调查发现，陈家沟滑坡为一老滑坡，河谷斜坡在梅溪河和陈家沟的发育过程中，由于河谷的不断下切和水流的不断侵蚀，在坡脚形成陡倾的临空面，由于层间软弱夹层的存在，再加上暴雨或地震等触发因素的诱发，为陈家沟老滑坡的形成提供了条件。主滑体在地貌上形成了坡体中部和前缘两级较明显的平台，中部平台被后期冲沟分割。次级滑体由于临近梅溪河，在梅溪河的进一步下切过程中形成新的临空面，发生了次级滑动，其近期的变形迹象皆与洪水的涨落密切相关。因此 xx 水位的涨落对滑坡稳定性有着重要的影响，应引起高度重视。

照片 3-10-2 沈家坡居民住房地面（a）和墙体开裂(b) 照片 3-10-3 次级滑体的后缘（公路上方）居民住房地面裂缝

2.10.2.2 滑坡影响因素分析评价

陈家沟滑坡形成的因素包括基本的岩性组合、区域地质背景、水文气象等条件的具备，还包括滑坡的发生的诱发因素主要有：地震、暴雨（触发因素）；人类工程活动；库水位等。人类工程活动引起的大挖大填改变了坡体原来已形成的稳定环境，比如坡体中次级滑体左边界的冲沟被填埋破坏了坡体原有的天然排水系统、次级滑体中公路修建使得新的临空面形成等，为滑坡的复活创造了有利条件。据访问资料显示，坡体的稳定性受库水位影响严重，库水位变化将造成坡体失稳。

2.10.2.3 滑坡影响因素分析评价

陈家沟滑坡形成的因素包括基本的岩性组合、区域地质背景、水文气象等条件的具备，还包括滑坡的发生的诱发因素主要有：地震、暴雨（触发因素）；人类工程活动；库水位等。人类工程活动引起的大挖大填改变了坡体原来已形成的稳定环境，比如坡体中次级滑体左边界的冲沟被填埋破坏了坡体原有的天然排水系统、次级滑体中公路修建使得新的临空面形成等，为

滑坡的复活创造了有利条件。据访问资料显示，坡体的稳定性受库水位影响严重，库水位变化将造成坡体失稳。

2.10.2.4 滑坡成因机制分析

滑坡区位于巴务河向斜 NE 翼，在坡体结构上表现为顺向坡，岩层平缓，地层产状 165~190°∠8~30°。在对滑坡周边的调查中发现：区内发育的巴东组三段（T_{2b}³）的地层，为泥灰岩、泥质灰岩、泥岩等为软硬相间的互层结构（照片 3-10-4），在构造运动过程中层间错动发育强烈，在人工开挖的新鲜剖面上可见到明显的架空隆起、滑移拉裂(照片 3-10-5)以及滑移弯曲等现象。在梅溪河和陈家沟的发育过程中，由于河谷的不断下切和水流的不断侵蚀，在坡脚形成陡倾的临空面，由于层间软弱夹层的存在，再加上暴雨、洪水等或地震等触发因素的诱发，先后形成了陈家沟老滑坡和次级滑坡。

照片 3-10-4 泥灰岩与泥岩形成软硬相间的互层结构照片 3-10-5 基岩中滑移拉裂下错现象

2.10.3 滑坡稳定性分析评价

2.10.3.1 滑坡变形动态分析

据现场调查和前人资料分析判断，陈家沟滑坡整体目前处于稳定状态，坡体中未发现明显的变形迹象。次级滑体在库水位发生变化时极有可能发生失稳滑动。其公路以上部分由于边坡临空，剪出口被揭露于地表，在暴雨等因素下也可能失稳。

2.10.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（1）计算剖面
本次稳定性分析选取陈家沟滑坡主滑体 I - I ’工程地质纵剖面图及次级滑体纵向剖面IV-IV作为计算剖面。根据本次勘察资料，依据该滑坡的滑体结构特征和滑坡表面形态，在 I - I ’剖面上拟定剪出口为高程分别为 210m、174m 和 150m。其中底滑面为老滑面，其上滑体不具备临空条件，已处于稳定状态，不参加计算。IV-IV’剖面上拟定剪出口高程为 140m。并根据传递系数法的有关原理对滑体进行条分，见图 3-10-1~ 3-10-4。

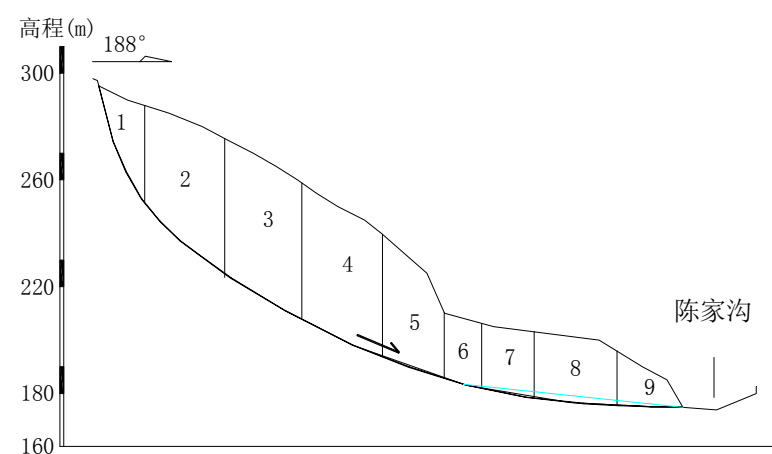


图 3-10-1 I-I' 2#滑面计算条分图

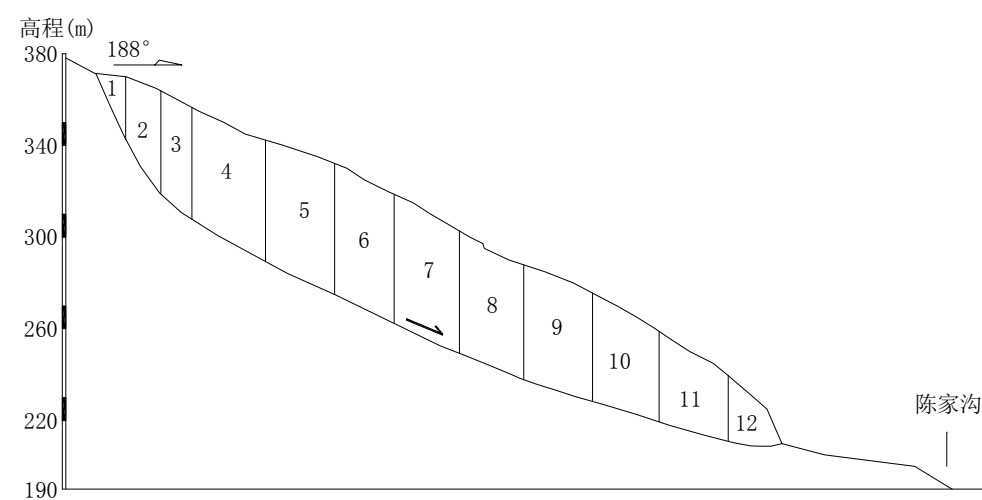


图 3-10-2 I-I' 3#滑面计算条分图

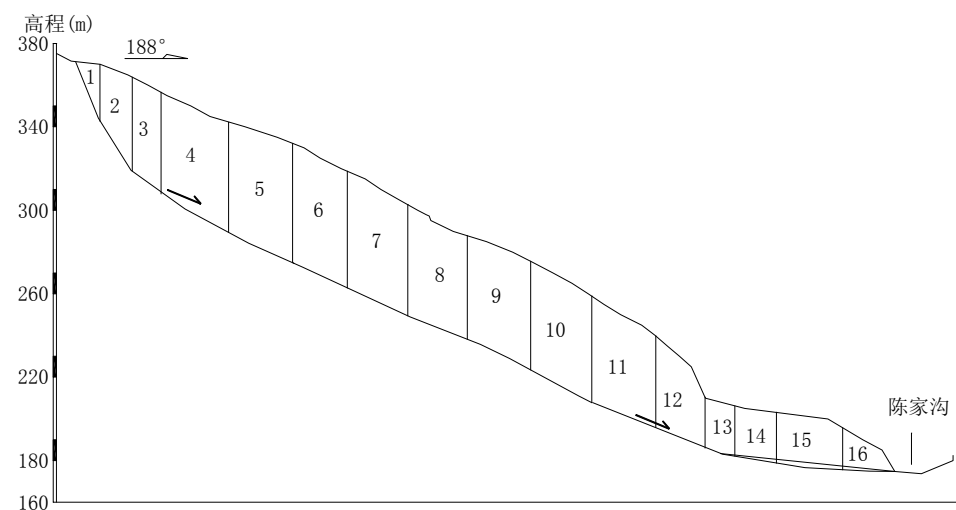


图 3-10-3 I-I' 4#滑面计算条分图

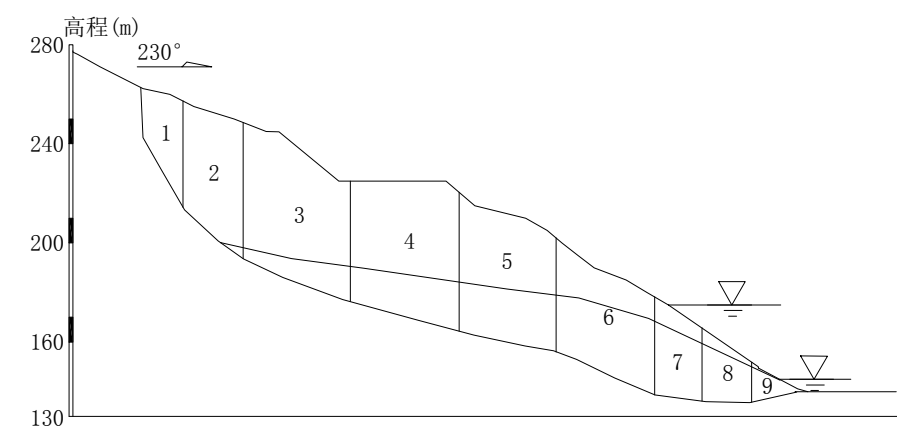


图 3-10-4 IV-IV剖面计算条分图

(2) 计算方法

通过本次勘查可知，陈家沟滑坡的滑动面近似于折线型，故采用折线形滑动面条分法和传递系数法来计算滑坡的稳定系数及滑坡下滑推力。一般条分法的稳定系数、传递系数法稳定系数和滑坡剩余下滑力计算公式参见港航砖厂滑坡一节。

(3) 计算方案

根据陈家沟滑坡的受力特征及其可能出现的各种荷载情况组合，计算中主要考虑降雨、地震、库水位的突降等，本次选定工况组合如下。

不涉水滑坡，主要计算三种工况：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+5 年一遇暴雨；

工况二：自重+地表荷载+动荷载+50 年一遇暴雨；

工况三：自重+地表荷载+动荷载+地震+5 年一遇暴雨；

涉水滑坡，主要计算五种工况：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨；

工况二：自重+地表荷载+动荷载+135m 水位+5 年一遇暴雨；

工况三：自重+地表荷载+动荷载+175m 正常水位+5 年一遇暴雨；

工况四：自重+地表荷载+动荷载+175m 至 145m 水位+5 年一遇暴雨；

工况五：自重+地表荷载+动荷载+175m 至 145m 水位+地震+5 年一遇暴雨。

滑体上覆建筑物荷载按 10kN/层·m 考虑，水库水位由 175m 降至 145m 时，坡体内产生动水压力。

(4) 计算参数选取

本次计算中所采用的有关物理力学参数，是根据陈家沟滑坡勘察的室内外试验成果、相同

地区类似滑坡的工程地质类比、以及参数反演法综合确定。参数取值参见表 3-10-2。

表 3-10-2		陈家沟滑坡计算参数取值	
重度		滑 带	
天然	饱水	抗剪强度	
γ (kN/m ³)		C (kPa)	ϕ (°)
22.5	23	天然/饱水	
		30/28	24~22/22~20

(5) 计算结果(表 3-10-3~3-10-7)

表 3-10-3		陈家沟滑坡稳定性系数计算成果表				
剖 面		稳定性系数(传递系数法/一般条分法)				
		工况 I	工况 II	工况 III	工况 IV	工况 V
I 剖面	2	1.038/1.0880		1.005/0.8648	1.016/0.894	0.984/
	3	1.096/1.0215	1. 076/0.9741	1.063/0.9569		
	4	1.018/		1.002/	1.027/	0.995/
IV剖面		1.274/1.0552		1.061/0.9169	1.052/1.1120	1.102/0.8751

表 3-10-4		陈家沟滑坡 I - I 剖面(次滑面-2#) 剩余下滑力计算表							
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	7044.228	47.086	68.309	28.000	22.000	1.038	1.200	5484.209
	2	29998.387	40.192	41.146	28.000	22.000			17301.518
	3	33392.168	33.847	30.366	28.000	22.000			23357.533
	4	33658.629	33.631	24.795	28.000	22.000			25982.617
	5	20328.055	24.793	18.937	28.000	22.000			24229.385
	6	7742.317	14.655	14.942	28.000	22.000			22451.197
	7	10903.328	20.252	10.520	28.000	22.000			19175.730
	8	16916.170	31.579	4.945	28.000	22.000			12388.964
	9	7167.927	24.915	1.689	28.000	22.000			8745.658
III	1	7044.228	47.086	68.309	28.000	22.000	1.005	1.200	5484.209
	2	29998.387	40.192	41.146	28.000	22.000			17301.518
	3	33392.168	33.847	30.366	28.000	22.000			23357.533
	4	33658.629	33.631	24.795	28.000	22.000			25982.617
	5	20328.055	24.793	18.937	28.000	22.000			24229.385

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	6	7742.344	14.655	14.942	28.000	22.000			22451.506
	7	10907.469	20.252	10.520	26.000	20.000			19761.436
	8	16925.754	31.579	4.945	26.000	20.000			13869.383
	9	7171.260	24.915	1.689	26.000	20.000			10594.254
IV	1	7044.228	47.086	68.309	28.000	22.000	1.016	1.150	5156.938
	2	29998.387	40.192	41.146	28.000	22.000			16083.787
	3	33392.168	33.847	30.366	28.000	22.000			21409.268
	4	33658.629	33.631	24.795	28.000	22.000			23414.199
	5	20328.055	24.793	18.937	28.000	22.000			21450.430
	6	7742.317	14.655	14.942	28.000	22.000			19657.420
	7	10903.732	20.252	10.520	28.000	22.000			16382.161
	8	16920.166	31.579	4.945	26.000	20.000			10486.646
	9	7169.457	24.915	1.689	26.000	20.000			7254.784
V	1	7044.228	47.086	68.309	28.000	22.000	0.984	1.100	4926.524
	2	29998.387	40.192	41.146	28.000	22.000			15346.847
	3	33392.168	33.847	30.366	28.000	22.000			20356.127
	4	33658.629	33.631	24.795	28.000	22.000			22164.377
	5	20328.055	24.793	18.937	28.000	22.000			20208.324
	6	7742.317	14.655	14.942	28.000	22.000			18459.947
	7	10903.732	20.252	10.520	28.000	22.000			15275.921
	8	16920.166	31.579	4.945	26.000	20.000			9584.346
	9	7169.457	24.915	1.689	26.000	20.000			6460.585

表 3-10-5		陈家沟滑坡 I - I 剖面(次滑面-3#) 剩余下滑力计算表							
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	4154.221	31.396	65.384	28.000	24.000	1.096	1.200	2882.534
	2	12213.031	27.940	57.934	28.000	24.000			11442.283
	3	14618.525	17.542	38.563	28.000	24.000			14459.856
	4	36697.711	37.160	29.630	28.000	24.000			19813.697
	5	37711.109	33.785	25.355	28.000	24.000			22360.916
	6	33619.078	28.994	25.789	28.000	24.000			25698.395
	7	35633.520	31.527	24.179	28.000	24.000			27524.334
	8	32493.945	30.555	22.160	28.000	24.000			27529.332
	9	33473.281	31.711	17.365	28.000	24.000			23284.715

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	10	28494.121	30.552	17.088	28.000	24.000			20299.646
	11	23795.688	31.673	15.436	28.000	24.000			16531.893
	12	9391.323	23.587	2.392	28.000	24.000			10076.247
II	1	4154.221	31.396	65.384	28.000	24.000	1.076	1.100	2504.865
	2	12213.031	27.940	57.934	28.000	24.000			10054.635
	3	14618.525	17.542	38.563	28.000	24.000			12444.393
	4	36697.711	37.160	29.630	28.000	24.000			16147.706
	5	37711.109	33.785	25.355	28.000	24.000			17211.902
	6	33619.078	28.994	25.789	28.000	24.000			19069.496
	7	35633.520	31.527	24.179	28.000	24.000			19521.545
	8	32493.945	30.555	22.160	28.000	24.000			18431.355
	9	33473.281	31.711	17.365	28.000	24.000			13558.172
	10	28499.996	30.552	17.088	28.000	24.000			9835.353
	11	23826.148	31.673	15.436	26.000	22.000			6967.146
	12	9409.816	23.587	2.392	26.000	22.000			2410.349
III	1	4154.221	31.396	65.384	28.000	24.000	1.063	1.100	2561.985
	2	12213.031	27.940	57.934	28.000	24.000			10275.904
	3	14618.525	17.542	38.563	28.000	24.000			12821.465
	4	36697.711	37.160	29.630	28.000	24.000			16998.730
	5	37711.109	33.785	25.355	28.000	24.000			18550.842
	6	33619.078	28.994	25.789	28.000	24.000	1.063	1.100	20875.180
	7	35633.520	31.527	24.179	28.000	24.000			21793.873
	8	32493.945	30.555	22.160	28.000	24.000			21113.428
	9	33473.281	31.711	17.365	28.000	24.000			16591.291
	10	28494.121	30.552	17.088	28.000	24.000			13175.240
	11	23795.688	31.673	15.436	28.000	24.000			9195.689
	12	9391.323	23.587	2.392	28.000	24.000			3756.507

表 3-10-6 陈家沟滑坡Ⅰ-Ⅰ剖面(次滑面-4#)剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	5156.944	31.635	65.582	30.000	24.000	1.018	1.200	3736.618
	2	13442.818	28.188	58.248	30.000	24.000			13215.583
	3	15800.754	17.542	38.563	30.000	24.000			16253.859
	4	39481.672	37.160	29.630	30.000	24.000			21961.818

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	5	40342.523	33.785	25.355	30.000	24.000			24657.676
	6	35869.117	28.994	25.789	30.000	24.000			28217.549
	7	38112.398	31.527	24.179	30.000	24.000			30159.422
	8	34932.895	30.555	22.160	30.000	24.000			30158.617
	9	36081.863	31.711	17.365	30.000	22.000			27092.063
	10	33209.141	33.141	28.214	30.000	22.000			34690.531
	11	32975.125	33.631	24.795	28.000	20.000			38671.180
	12	19814.785	24.793	18.937	28.000	20.000			37403.285
	13	7432.047	14.655	14.942	28.000	20.000			35735.188
	14	10462.459	20.252	10.520	28.000	20.000			32688.959
	15	16570.766	31.681	6.747	28.000	20.000			27382.049
	16	7172.656	24.915	1.689	28.000	20.000			23390.936
III	1	5156.944	31.635	65.582	30.000	24.000	1.002	1.200	3736.618
	2	13442.818	28.188	58.248	30.000	24.000			13215.583
	3	15800.754	17.542	38.563	30.000	24.000			16253.859
	4	39481.672	37.160	29.630	30.000	24.000			21961.818
	5	40342.523	33.785	25.355	30.000	24.000			24657.676
	6	35869.117	28.994	25.789	30.000	24.000			28217.549
	7	38112.398	31.527	24.179	30.000	24.000			30159.422
	8	34932.895	30.555	22.160	30.000	22.000			31535.391
	9	36081.863	31.711	17.365	30.000	22.000			28417.516
	10	33209.141	33.141	28.214	30.000	22.000			36093.090
	11	32981.137	33.631	24.795	28.000	20.000			40114.598
	12	19820.682	24.793	18.937	28.000	20.000			38843.902
	13	7442.309	14.655	14.942	28.000	20.000			37241.012
	14	10483.365	20.252	10.520	28.000	20.000			34372.492
	15	16603.803	31.681	6.747	28.000	20.000			29362.688
	16	7183.863	24.915	1.689	28.000	20.000			25426.764
IV	1	5156.944	31.635	65.582	30.000	24.000	1.027	1.150	3501.834
	2	13442.818	28.188	58.248(30.000	24.000			12424.516
	3	15800.754	17.542	38.563	30.000	24.000			15135.178
	4	39481.672	37.160	29.630	30.000	24.000			19958.072
	5	40342.523	33.785	25.355	30.000	24.000			21862.217
	6	35869.117	28.994	25.789	30.000	24.000			24632.463
	7	38112.398	31.527	24.179	30.000	24.000			25840.119

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	8	34932.895	30.555	22.160	30.000	24.000			25250.908
	9	36081.863	31.711	17.365	30.000	22.000			21828.846
	10	33209.141	33.141	28.214	30.000	22.000			28336.141
	11	32971.688	33.631	24.795	30.000	22.000			30402.301
	12	19800.402	24.793	18.937	28.000	20.000			28993.094
	13	7424.653	14.655	14.942	28.000	20.000			27377.006
	14	10465.445	20.252	10.520	28.000	20.000			24514.922
	15	16584.922	31.681	6.747	28.000	20.000			19470.525
	16	7176.391	24.915	1.689	28.000	20.000			15792.776
V	1	5156.944	31.635	65.582	30.000	24.000	0.995	1.100	3337.958
	2	13442.818	28.188	58.248	30.000	24.000			11884.585
	3	15800.754	17.542	38.563	30.000	24.000			14432.552
	4	39481.672	37.160	29.630	30.000	24.000			18879.443
	5	40342.523	33.785	25.355	30.000	24.000			20513.314
	6	35869.117	28.994	25.789	30.000	24.000			22991.975
	7	38112.398	31.527	24.179	30.000	24.000			23964.354
	8	34932.895	30.555	22.160	30.000	24.000			23227.227
	9	36081.863	31.711	17.365	30.000	22.000			19838.283
	10	33209.141	33.141	28.214	30.000	22.000			25901.414
	11	32971.688	33.631	24.795	30.000	22.000			27792.551
	12	19800.402	24.793	18.937	28.000	20.000			26444.873
	13	7424.653	14.655	14.942	28.000	20.000			24905.928
	14	10465.445	20.252	10.520	28.000	20.000			22168.520
	15	16584.922	31.681	6.747	28.000	20.000			17314.939
	16	7176.391	24.915	1.689	28.000	20.000			13802.491

表 3-10-7 陈家沟滑坡Ⅳ-Ⅳ剖面(滑面)剩余下滑力计算表									
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	8520.492	51.488	70.456	30.000	22.000	1.274	1.200	6939.196
	2	26504.947	31.789	40.506	30.000	22.000			16176.078
	3	51406.293	46.703	21.736	30.000	22.000			15364.249
	4	53807.492	45.590	15.168	30.000	22.000			9098.276
	5	45219.672	40.142	12.118	30.000	22.000			1213.591
	6	37384.637	43.347	23.518	28.000	20.000			5932.380

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	7	15080.678	19.403	7.415	28.000	20.000			1894.485
	8	10297.265	20.005	1.347	28.000	20.000			-1827.901
	9	3828.976	23.156	-10.671	28.000	20.000			-2536.556
III	1	8520.492	51.488	70.456	30.000	22.000	1.061	1.200	6939.196
	2	26504.947	31.789	40.506	30.000	22.000			16176.078
	3	51428.133	46.703	21.736	28.000	20.000			17776.814
	4	53976.324	45.590	15.168	28.000	20.000			15200.210
	5	45465.961	40.142	12.118	28.000	20.000			11466.811
	6	37710.031	43.347	23.518	28.000	20.000			19737.039
	7	15238.646	19.403	7.415	28.000	20.000			15133.796
	8	10396.664	20.005	1.347	28.000	20.000			11814.450
	9	3860.339	23.156	-10.671	28.000	20.000			8439.849
IV	1	8520.492	51.488	70.456	30.000	22.000	1.052	1.150	6537.716
	2	26504.947	31.789	40.506	30.000	22.000			15048.396
	3	51480.434	46.703	21.736	30.000	22.000			14276.747
	4	54005.844	45.590	15.168	28.000	20.000			11638.542
	5	45454.129	40.142	12.118	28.000	20.000			8233.473
	6	37686.121	43.347	23.518	28.000	20.000			15421.051
	7	15212.861	19.403	7.415	28.000	20.000			11869.586
	8	10388.357	20.005	1.347	28.000	20.000			8987.480
	9	3860.339	23.156	-10.671	28.000	20.000			5913.899
V	1	8520.492	51.488	70.456	30.000	22.000	1.012	1.100	6253.395
	2	26504.947	31.789	40.506	30.000	22.000			14363.044
	3	51480.434	46.703	21.736	30.000	22.000			13468.800
	4	54005.844	45.590	15.168	28.000	20.000			10894.808
	5	45454.129	40.142	12.118	28.000	20.000			7644.195
	6	37686.121	43.347	23.518	28.000	20.000			14554.383
	7	15212.861	19.403	7.415	28.000	20.000			11201.929
	8	10388.357	20.005	1.347	28.000	20.000			8458.465
	9	3860.339	23.156	-10.671	28.000	20.000			5480.053

2.10.3.3 滑坡稳定性综合分析与预测评价

从前述滑坡的特征可以看出，陈家沟老滑坡是一个形成时间已经很久远的岩质滑坡目前其能量已释放，前缘不具备滑动的临空条件。据地面调查证实，老滑坡主滑体近期变形破坏迹象不明显；次级滑体在沈家坡以及公路边坡上部地面有变形破坏迹象，地面和房屋开裂明显。

综合地面调查和稳定性计算结果分析，陈家沟滑坡主滑体在天然状态下，总体是稳定的。次级滑体由于梅溪河水水位变化的影响将可能产生进一步变形破坏。在 xx 水库运行后，陈家沟滑坡的稳定性将降低，次级滑体处于不稳定状态，会发生较大规模的滑动，从而可能会牵动主滑体失稳。

2.10.4 滑坡库岸塌岸预测

2.10.4.1 滑坡库岸基本特征

滑坡库岸总长约 250m，为岩土质库岸，分布于抚军桥以西，沈家坡窑湾村沟东侧。坡面形态：高程 140~325m，地形坡角为 28~30°，局部达 40°，为滑坡前缘，物质组成以碎块石夹土为主。

2.10.4.2 塌岸的主要形式与成因

根据岸坡工程地质条件与变形机制，陈家沟滑坡塌岸形式为滑移型。

影响塌岸的主要因素表现在以下几个方面：

- （1）库水的长期浸泡；
- （2）库水波浪的冲刷作用；
- （3）库水位在短时间内的回落。

2.10.4.3 塌岸预测

采用卡丘金法对塌岸宽度进行预测计算，取水位变幅 30m，正常蓄水位以上坡高 150m，波浪冲刷深度 1m，浪爬高度 0.4m，岸坡水下稳定坡角 26°，水上岸坡稳定坡角 30°，岸坡天然坡角 30°，卡丘金法库岸最终宽度计算公式求得库岸塌岸宽度为 55.62m。库岸为顺向坡，陡倾裂隙发育，天然坡角小于结构面倾角，层面倾角小于天然坡角，可初步判断可能产生岩土混合型滑移塌岸。

2.10.5 滑坡实物指标调查与危害性分析

2.10.5.1 实物指标调查

陈家沟滑坡区内实物指标有：鱼复开发区陈家沟窑湾 7 组居民 44 户 201 人，房屋框架结构面积 275m²，砖混结构面积 3410m²，土木结构面积 185m²，耕地面积 645 亩，菜地面积 17.5 亩，果树 7000 棵，渝一巴二级公路 700m，桥梁抚军桥 170m，光缆线 700m。折合 3000 万元。

2.10.5.2 滑坡危害性分析

陈家沟滑坡位于奉节鱼复开发区梅溪河左岸的斜坡地带，滑坡一旦失稳将直接威胁到区内的居民的生命财产安全和公路桥梁等交通设施的安全，扰乱 xx 正常的交通秩序。由于陈家沟

滑坡的次级滑体近期有活动的迹象（比如房屋和地面开裂），区内居民人心惶惶，严重影响社会的安定，这些问题的存在对于奉节库区经济的发展极为不利。

2.10.6 防治方案比较与建议

2.10.6.1 防治方案分述

对陈家沟滑坡失稳的可能性，可以采取以下方案：工程治理、搬迁避让和监测预警等方案。

（1）工程治理

排水：滑坡中现有纵横的明、暗排水沟均应进行浆砌、补漏防渗；另外在次级滑体后缘设置截水沟，在其东侧设置排水沟；在主滑体中中部设置截水沟，将水引入滑坡两侧冲沟，排入梅溪河。长度 2000m，费用 60 万元。

护坡：在陈家沟滑坡临陈家沟侧的抚军桥一带，保护滑坡坡面在水位变幅区内免遭库水及波浪的的冲掏、剥离、侵蚀，在滑体前缘临水面进行坡面防护。护坡费用 90 万元

抗滑桩：在次级滑体的 165~170m 高程左右，横向设置抗滑桩，桩截面尺寸 2.5×3m，平均桩长 40m，桩数 43 根，混凝土 12900m³，费用为 1550 万元。

工程治理总费用估算为 1700 万元。

（2）搬迁避让

居民搬迁：为保证居民生命财产安全，居民搬迁至安全地方，费用约 400 万。征地费用 3000 万元，安居工程 100 万元，共计 3500 万元。

公路改线：为确保沿江公路畅通安全，让公路避开滑坡。需重新选线或设置公路隧道，以及现有公路桥梁损失，初步估算费用约 6000 万元。

估算总费用 9500 万元。

（3）监测预警

水平位移监测：在主滑体主断面上设置 3 个监测孔，分别设置在 174m、295m、340m 高程。在次级滑体主断面上设置一个监测孔，高程 215m 处。监测孔深入稳定岩体 4m，监测滑坡体水平位移情况。

垂直位移监测：在滑坡体附近选择一处稳定岩体，设置水准工作基点，即在主要监测断面两侧在相应高程（相应于水平位移监测高程）平台处各设置一个水准点，共设 12 个水准点，以监测滑坡体垂直位移及分布情况。每年监测费用共计：20 万元。

2.10.6.2 防治方案比较与推荐意见

奉节新县城土地短缺，用地紧张，搬迁避让难度较大，其费用和损失近亿元，耗资巨大。据对次级滑坡工程治理费用不超过 2 千万元，治理费远少于损失，社会效益、经济效益和环境

效益显著，建议对陈家沟滑坡次级采取工程治理防治方案，对滑坡主体采取监测预警措施，减少灾害的损失，建议结合工程治理防治方案进行布置和监测。

2.10.6.3 规划建议

（1）陈家沟滑坡面积约 $16\times 10^4\text{m}^2$ ，体积约 $960\times 10^4\text{m}^3$ 。一方面，因近几年移民工程施工以及公路施工，恶化了滑坡的稳定性，另一方面，滑坡受 xx 库水水位变化的影响，陈家沟滑坡的次级滑体目前处于潜在不稳定状态，应尽快进行治理。

（2）陈家沟滑坡危及人口约 200 人，公路 700m 以及桥梁 1 座，财产约 3 千万元。

（3）治理工程应结合城市规划建设加强方案论证，达到技术安全、经济合理、提高地质环境质量、促进经济发展的目的。

（4）滑坡区及影响区内应严格限制或严禁不利于滑坡稳定的工程建设活动。

（5）尽快建立滑坡监测预警系统，确保滑坡体上的生命财产安全。

（7）由于本次勘察工作精度有限，未能充分查清滑坡的空间形态特征及成因机制，建议尽快开展地质勘查工作，以便进一步充分论证治理的必要性和合理性，以达到科学减灾的目的。

2.11 铁合金厂滑坡

2.11.1 铁合金厂滑坡地质特征

2.11.1.1 滑坡空间形态

铁合金厂滑坡位于长江南岸临江岸坡地带，北与 xx 旧城隔江相望，该滑坡因铁合金厂座落于滑体上而得名（照片 3-11-1）；所属 1/1 万图幅为 xx 幅，地理坐标为：X=3434761，Y=36602085。

铁合金厂滑坡是长委在进行库岸勘查时确定的，未开展专门的勘查工作。前人资料认定：铁合金厂滑坡是一老岩质滑坡，其边界东起陈家沟，西至齐家沟，后缘高程 240m，前缘高程 110m，前缘东西宽 350m，南北长约 300~350m。铁合金厂滑坡总体积约 $170\times 10^4\text{m}^3$ 。老滑坡基本稳定。

照片 3-11-1 铁合金厂滑坡全貌

铁合金厂滑坡形成后，其西部经历了一次大规模解体，解体滑体西边界为齐家沟，东侧以铁合金厂东沟为界沟，解体滑坡前缘，被后期长江 I 级阶地堆积物覆盖，其高程 140m 左右，后缘高程 220m；前缘东西宽 180m，南北长 260m，平面形态为上窄下宽的“扇”形，

面积约 $3.1\times 104\text{m}^2$ 。钻探揭示，前部厚度 40~44m，中部厚度 30~40m，后部厚度 27m 左右，平均厚度 30~35m，体积约 $100\times 10^4\text{m}^3$ 。解体滑坡是本次调（勘）查的工作的重点。

从纵剖面及横剖面不难看出，铁合金厂滑坡滑体总体上呈长条形，均向北倾斜，并具上陡下缓的特征。

区内坡体自北向南呈台状抬升，最低点位于现长江水位，南侧最大高程 320m（未至峰顶），其间共见两级台地，由北至南分别为：第一级台地为铁合金厂滑坡解体堆积平台，分布高程 155~170m，台面经后期铁合金厂建设的改造，呈坎状向北倾斜，平均坡角 5~15°，台面南北长 60~80m，东西宽 70~90m；第二级台地为铁合金厂滑坡后缘台地，分布高程 220~235m，台地呈斜坡状向北倾斜，平均地形坡角 10~15°。

一、二级平台间地形较缓，呈斜坡状，平均地形坡角 20~25°，其间，由于奉恩公路、沿江大道的开挖，斜坡局部呈台坎状，内边坡陡坎高度达 5~8m。铁合金厂滑坡后缘呈明显的圈椅状地形，滑坡后壁改造呈斜坡状，地形坡度 25°左右，高差达 70~80m。滑坡前缘高程 140m，与宽缓平台相接，根据前人勘查资料，滑坡前缘宽缓平台（原永乐小学）宽度约 180m，被长江后期沉积砂卵石层覆盖，钻探揭露厚度 10~20m。滑坡体上发育有铁合金厂东侧冲沟，沟深一般 3~5m，最深处 10m 左右，冲沟与西侧的槽状地形首尾相连，滑坡地貌特征明显。

2.11.1.2 滑坡特质组成及结构特征

1. 滑体

铁合金厂滑坡滑体厚度在空间上变化明显，通过钻探，山地工程揭露及电测深物探解译成果资料分析，可能存在 2 层滑面。纵向上滑体在后缘均较深，可达 23.99m、44.63m，在中部永乐背斜核部略有凸起，埋深约 22.5m、30m，在前缘滑面埋深分别为 16.8m、34.6m，其物质组成与结构特征，自上而下分述如下：

第一层：紫红色粉质粘土夹碎块石，稍湿，浅部土体松散（THTJ01 揭露），深部稍密。碎块石主要成分为紫红色泥岩、泥质粉砂岩，大部为棱角状，块径一般小于 5cm，土石比 7：3。地表分布较连续，厚度较大，平均约 15m，一般厚度 3~22m。

第二层：碎块石土或层状碎裂岩滑动岩体，钻探揭示，滑动岩体不等厚分布，似层状、碎裂状巨大块石，层状块体一般厚 1~2m，钻孔岩芯以碎块状、少量短柱状为其特征，碎块石含量大于 70%。细粒为同色含砾质粉质粘土，土层结构中密至密实。

2. 滑带

据钻探和探槽揭露：铁合金厂滑带厚度一般厚度 0.6~0.8m，最厚约 2.3m，主要为紫红色粉质粘土，湿，可塑—软塑，含紫红色泥质细颗粒，粒径 0.5~1.0cm，细颗粒含量小于 15%，

粗颗粒多呈次棱角状，部分为次圆状，颗粒磨圆度较好，表面可见磨光现象，如 THZK01 孔 44.63m、THZK02 孔 33.09m、THZK03 孔 35.3m 以及 THZK04 孔 16.68m、34.6m 均有滑带土特征表象。在 THTC1 中揭露滑动面分布于基岩表面，岩层破碎，滑带土主要为紫红色粉质粘土，土体有挤压成层特征，表面可见磨光现象，局部可见光滑擦痕，磨光面倾向北东（照片 3-11-2）。

照片 3-11-2 THTC1 中揭露的滑面

2.11.1.3 滑坡水文地质

区内地下水按其赋存形式可分为松散层孔隙水和基岩裂隙水两种类型。

（1）孔隙水：

孔隙水赋存于残坡积堆积、滑坡堆积层的孔隙中，主要接受大气降水的补给，顺坡向由南向北直接向长江排泄，地表地质调查未发现地下水井泉出露。

由于滑坡区汇水面积有限，且滑坡浅表层由透水性较弱的含碎石质粘土构成，地表无明显的集水地形，大气降水顺斜坡迅速汇入冲沟注入长江，地下水接受补给有限，滑体内地下水贫乏。勘探揭示，滑体区内地下水位埋深较大，部分勘探孔（探井）为干孔。

（2）裂隙水

水量贫乏，其主要接受大气降水和同一含水层地下水的补给，以其裂隙为运移、储存空间，自上而下渗透，直接排泄于长江。地表未见泉水出露。

钻孔揭示其地下水埋深较大，部分钻孔为干孔，滑体内无统一的地下水位。

长江自西向东流经滑坡区北侧，为区内地表、地下水排泄基准面。铁合金厂滑坡位于齐家沟、陈家沟深切冲沟间，两者与滑坡内铁合金厂东侧浅切冲沟及长江共同构成滑坡区地表水排泄网络，滑坡区内大气降水通过上述冲沟的汇集向长江排泄。

2.11.1.4 滑带土物理力学性质

在野外采取滑带土原状样 6 组，根据室内试验，其天然密度为 1.94~2.09g/cm³，天然孔隙比 e₀ 为 0.593~0.843，液性指数 I_L 为 0.21~0.78，压缩模量为 4.97Mpa，压缩系数 a_{v(0.1-0.2)} 为 0.2~0.62，属于中等—高压缩性土。天然峰值抗剪强度：φ=6.0~14.5°，C=10~54kkpa；天然残余抗剪强度：φ=4.8~12.0°，C=6~28kpa。饱和残余抗剪强度：φ=4.5~10.5°，C=5~17kpa。滑带土的物理力学指标值统计见表 3-11-1。

表 3-11-1		铁合金厂滑坡滑带土物理力学性质统计表															
原 样 编 号	含 水 量 ω ₀ (%)	密 度 ρ ₀ g/cm ³	比 重 G _s	饱 和 度 S _r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	压缩试验		抗 剪 强 度								备 注
							压缩 模量 E _s (Mpa)	压缩 系数 a _{v(0.1~0.2)} (Mpa ⁻¹)	快剪		多次剪		饱和直剪		饱和多次剪		
									内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	
THTC01-1	24.5	2.01	2.75	96	41	0.70	6.12	0.28	14.5	42	11.7	28	13.4	34	9.5	16	THTC01
THZK01-1	21.5	2.09	2.74	99	37	0.59	4.30	0.37	12.5	32	10.7	19	10.5	23	8.7	12	THZK01
THZK02-1	30.5	1.94	2.74	99	46	0.84	2.95	0.62	6.0	10	4.8	6	5.2	7	4.5	5	THZK02
THZK03-1	22.8	2.00	2.74	92	41	0.68	4.91	0.34	13.0	39	12.0	20	12.7	27	10.5	15	THZK03
THZK04-1	21.6	2.05	2.74	95	38	0.63	8.10	0.20	13.7	54	11.8	27	12.3	33	9.2	17	THZK04
THZK04-2	24.2	1.99	2.74	93	42	0.71	3.45	0.50	11.5	21	8.8	15	10.2	17	8.0	12	THZK04
样本数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

平均值		2.01	2.74	95.64		0.69	4.97	0.39	11.87	33.00	9.97	19.17	10.72	23.50	8.40	12.83	
标准差	3.05	0.05	0.00	2.85	2.69	0.08	1.73	0.14	2.78	14.33	2.55	7.43	2.72	9.38	1.90	3.98	
变异系数	0.13	0.02	0.00	0.03	0.07	0.11	0.35	0.36	0.23	0.43	0.26	0.39	0.25	0.40	0.23	0.31	
修正系数	1.18	1.03	1.00	0.96	1.09	0.84	0.51	1.51	0.67	0.79	0.64	0.81	0.65	0.80	0.68	0.85	
标准值		1.95	2.74	91.66		0.58	2.56	0.19	7.98	25.96	6.40	15.52	6.92	18.89	5.74	10.88	

2.11.2 滑坡形成机制

2.11.2.1 滑坡变形特征及发育史

由于冲沟冲刷及人类的强烈工程活动（修建沿江大道等）因素，于滑坡后部东侧沿江大道内边坡处及前部西侧齐家沟侧斜坡处各发生一次小规模崩滑，前者分布面积约 600m²，体积约 0.8×10⁴m³；后者分布面积约 5600m²，体积约 8×10⁴m³。目前，滑坡体前缘岸坡有局部坍塌，滑坡体中部部分民房发生开裂变形（照片 3-11-4），滑坡后缘缓坡上几座古墓产生纵向裂缝（照片 3-11-3），裂缝长度 1.2m，宽度 8-12cm。

照片 3-11-3 滑坡后缘古墓开裂

照片 3-11-4 滑坡中部民房开裂

2.11.2.2 滑坡影响因素分析评价

外部条件对滑坡的影响是多方面的，就铁合金厂滑坡所处的地理位置而言，影响滑坡稳定的因素主要有下列 4 个方面。

①库水对滑坡的影响

xx 水库的蓄水是影响滑坡稳定的主要因素，水库蓄水将导致滑体内地下水位抬升，库水位以下的滑体与滑带将长期浸泡于水中，土体遇水软化，强度降低；滑体充水也将导致滑体物质间孔隙率与结构的改变，而引起滑体应力的局部调整，使滑坡产生变形；水库水位变幅大，变动频繁，特别是水库二期蓄水初期（三期水位 156m）和 xx 工程建成后的运行期水位（175m）的骤降过程（落差分别为 21m、30m）将使滑体地下水位与库水位形成较大的水位差，滑体内动水压力骤然增加，导致滑体应力重新调整，促使坡体产生变形与破坏。

②滑体中后部的加载

在滑坡中后部大规模建房对滑体进行加载，将增加滑坡的下滑推力，对滑体稳定也将产生不利的影响。

③排水系统不完善

滑坡区大规模的开发，居民建房排水体系无统一的规划，生活污水及大气降水入渗滑体增大滑体中地下水渗透压力，对滑体稳定不利。

④暴雨

滑体位于暴雨区边缘，暴雨或较长时期的连雨天气，在地表排泄不畅的条件下将入渗滑体，将导致滑体渗透水压力骤增，这往往是重大滑坡事件发生的重要因素。

2.11.2.3 滑坡成因机制分析

铁合金厂滑坡位于长江南岸朱衣复式背斜北翼之次级褶皱永乐倒转背斜东段倾伏端，岸坡的顺向结构与褶皱转折端岩体构造破碎和软弱的岩性是该滑坡发生的主要内在因素。

长江在下切过程中，同时岸坡硬岩组遭受强烈侵蚀，临江岸坡软弱岩组（巴东组第二段）出露；长江持续下切，主泓贴近南岸，顺向岸坡进一步临空，数万年前形成了较大规模的铁合金厂滑坡。

2.11.3 滑坡稳定性分析评价

2.11.3.1 滑坡变形动态分析

铁合金厂滑坡为一老滑坡，自形成后处于基本稳定状态，地表变形特征不明显。因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载（修建移民统建房和沿江大道），前缘开挖（临时公路、码头货运），改变了滑坡区地质环境，降低了铁合金厂滑坡的稳定性，目前处在蠕滑阶段。

2.11.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

本次计算采用勘探纵剖面 I - I ’作为计算剖面（见图 3-11-1、2）。

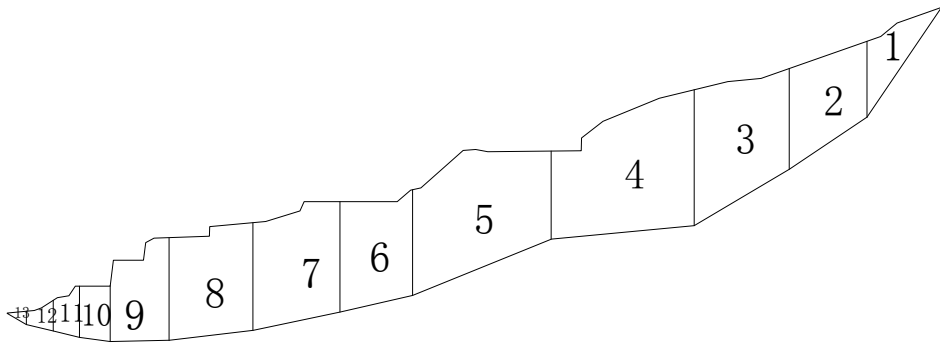


图 3-11-1 铁合金厂滑坡 I-I' 剖面 1 滑面计算条分图

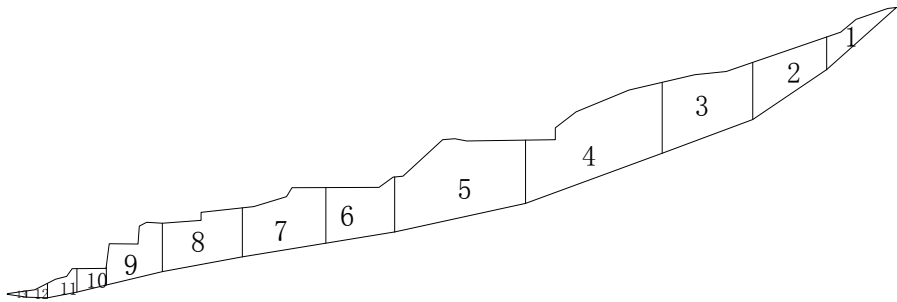


图 3-11-2 铁合金厂滑坡 I-I' 剖面 2 滑面计算条分图

（二）计算方法

滑坡滑动面近似折线型，采用一般条分法、Bishop 法和传递系数法，对滑坡的稳定性及推力进行计算。一般条分法、Bishop 法和传递系数法稳定系数计算公式，剩余下滑推力计算公式，详见港航砖厂滑坡一节。

（三）计算工况

根据滑坡具体情况，确定如下 4 种工况条件：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨

工况三：自重+地表荷载+动荷载+175m 正常水位+5 年一遇暴雨

工况四：自重+地表荷载+动荷载+175m→145m 水位+5 年一遇暴雨

工况五：自重+地表荷载+动荷载+175m→145m 水位+地震+5 年一遇暴雨

（四）计算结果

稳定性计算结果见表 3-11-2，剩余下滑推力计算结果见表 3-11-3、4。

	一般条分法		毕肖普法		传递系数法	
	1 滑面	2 滑面	1 滑面	2 滑面	1 滑面	2 滑面
工况一	1.047	1.091	1.019	1.084	1.250	1.207

工况三	0.93	1.076	0.917	1.07	1.028	0.948
工况四	0.940	1.053	0.928	1.048	1.027	0.940
工况五	0.903	1.011	0.894	1.007	0.979	0.901

表 3-11-3 铁合金厂滑坡 1-1 剖面（1）剩余下滑力计算表

工 况	条 块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定系 数	安全系 数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	6775.906	42.126	55.514	22	15	1.250	1.20	4476.018
	2	15843.826	31.046	33.997	22	15			9500.979
	3	25925.895	36.667	30.090	22	15			17103.893
	4	37758.656	47.534	5.413	22	15			4952.272
	5	34654.395	49.472	21.779	22	15			9531.780
	6	17306.416	24.677	12.974	22	15			8685.258
	7	22269.516	29.590	11.287	22	15			7643.624
	8	20042.191	27.828	7.735	22	15			5324.150
	9	12216.475	19.638	0.572	25	17			1987.290
	10	3861.922	10.522	-7.947	25	17			318.873
	11	2406.968	8.699	-12.38	25	17			-872.793
	12	1316.347	9.071	-13.26	25	17			-715.324
	13	346.931	7.740	-29.24	25	17			-385.455
III	1	6775.906	42.126	55.514	22	15	1.028	1.20	4476.018
	2	15843.826	31.046	33.997	22	15			9500.979
	3	25935.061	36.667	30.090	22	15			17171.363
	4	37866.332	47.534	5.413	22	15			7584.324
	5	34903.270	49.472	21.779	22	15			15258.316
	6	17511.334	24.677	12.974	22	15			15513.152
	7	22521.209	29.590	11.287	22	15			15656.371
	8	20251.742	27.828	7.735	22	15			14626.856
	9	12325.453	19.638	0.572	22	15			11663.532
	10	3883.822	10.522	-7.947	22	15			9645.598
	11	2418.468	8.699	-12.38	25	17			8328.516
	12	1317.873	9.071	-13.26	25	17			7587.246
	13	346.931	7.740	-29.24	25	17			6347.938
IV	1	6775.906	42.126	55.514	22	15	1.027	1.15	4196.762
	2	15843.826	31.046	33.997	22	15			8829.545
	3	25930.281	36.667	30.090	22	15			15832.321
	4	37830.578	47.534	5.413	22	15			6097.002

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定系 数	安全系 数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	5	34854.262	49.472	21.779	22	15			12804.264
	6	17477.709	24.677	12.974	22	15			12790.411
	7	22472.660	29.590	11.287	22	15			13098.436
	8	20208.082	27.828	7.735	22	15			12042.374
	9	12303.589	19.638	0.572	22	15			9368.729
	10	3883.423	10.522	-7.947	22	15			7647.811
	11	2417.354	8.699	-12.38	25	17			6366.332
	12	1317.873	9.071	-13.26	25	17			5630.738
	13	346.931	7.740	-29.24	25	17			4608.753
V	1	6775.906	42.126	55.514	22	15	0.979	1.10	4010.675
	2	15843.826	31.046	33.997	22	15			8452.191
	3	25930.281	36.667	30.090	22	15			15170.104
	4	37830.578	47.534	5.413	22	15			5910.243
	5	34854.262	49.472	21.779	22	15			12439.337
	6	17477.709	24.677	12.974	22	15			12486.631
	7	22472.660	29.590	11.287	22	15			12875.664
	8	20208.082	27.828	7.735	22	15			11948.704
	9	12303.589	19.638	0.572	22	15			9426.057
	10	3883.423	10.522	-7.947	22	15			7747.662
	11	2417.354	8.699	-12.38	25	17			6492.568
	12	1317.873	9.071	-13.26	25	17			5771.917
	13	346.931	7.740	-29.24	25	17			4738.592

表 3-11-4 铁合金厂滑坡 1-1 剖面（2） 剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定系 数	安全系 数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	3266.373	32.187	41.793	20	14	1.207	1.20	1205.833
	2	8250.805	31.117	34.191	20	14			4071.882
	3	14164.815	33.746	20.057	20	14			4935.169
	4	23154.371	50.425	20.205	20	14			7195.295
	5	22566.227(46.738	12.140	22	16			5175.356
	6	8630.940	24.376	9.414	22	16			3815.251
	7	10927.027	29.391	9.152	22	16			2155.784
	8	9320.137	28.026	10.297	22	16			920.757
	9	5829.145	20.224	13.834	22	16			541.346

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定系 数	安全系 数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	10	1510.707	10.753	14.285	22	16			438.648
	11	1350.803	10.375	10.259	22	16			239.451
	12	426.568	7.126	-2.902	22	16			-9.215
	13	140.292	6.828	-8.471	22	16			-176.748
III	1	3266.373	32.187	41.793	20	14	0.948	1.20	1205.833
	2	8250.805	31.117	34.191	20	14			4071.882
	3	14164.815	33.746	20.057	20	14			4935.169
	4	23186.330	50.425	20.205	20	14			7469.336
	5	22713.967	46.738	12.140	20	14			7509.245
	6	8750.138	24.376	9.414	20	14			7373.972
	7	11085.601	29.391	9.152	20	14			7350.096
	8	9458.142	28.026	10.297	20	14			7558.045
	9	5915.484	20.224	13.834	20	14			8154.931
	10	1528.417	10.753	14.285	22	16			8200.476
	11	1361.933	10.375	10.259	22	16			7937.021
	12	427.102	7.126	-2.902	22	16			7055.635
	13	140.292	6.828	-8.471	22	16			6675.201
IV	1	3266.373	32.187	41.793	20	14	0.940	1.15	1096.990
	2	8250.805	31.117	34.191	20	14			3736.293
	3	14164.815	33.746	20.057	20	14			4390.345
	4	23192.828	50.425	20.205	20	14			7431.592
	5	22727.805	46.738	12.140	20	14			7099.588
	6	8754.402	24.376	9.414	20	14			6773.747
	7	11073.066	29.391	9.152	20	14			6835.634
	8	9410.347	28.026	10.297	20	14			6776.598
	9	5872.966	20.224	13.834	20	14			7124.299
	10	1521.831	10.753	14.285	20	14			7118.236
	11	1359.662	10.375	10.259	22	16			6860.159
	12	427.102	7.126	-2.902	22	16			6081.601
	13	140.292	6.828	-8.471	22	16			5728.842
V	1	3266.373	32.187	41.793	20	14	0.901	1.10	1033.059
	2	8250.805	31.117	34.191	20	14			3556.968
	3	14164.815	33.746	20.057	20	14			4180.878
	4	23192.828	50.425	20.205	20	14			7137.861
	5	22727.805	46.738	12.140	20	14			6888.786

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	6	8754.402	24.376	9.414	20	14			6611.324
	7	11073.066	29.391	9.152	20	14			6713.983
	8	9410.347	28.026	10.297	20	14			6684.815
	9	5872.966	20.224	13.834	20	14			7031.985
	10	1521.831	10.753	14.285	20	14			7025.938
	11	1359.662	10.375	10.259	22	16			6774.180
	12	427.102	7.126	-2.902	22	16			6007.488(
	13	140.292	6.828	-8.471	22	16			5658.651

2.11.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

铁合金厂滑坡土层滑坡在平水期水位时稳定性系数为 1.207，处于基本稳定状态；175m 正常水位遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 0.948，处于不稳定状态；在 175m→145m 水位遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 0.940，处于不稳定状态；在 175m→145m 水位遭遇 5 年一遇暴雨+地震时稳定性系数为 0.901，处于潜在不稳定状态。

铁合金厂滑坡基岩滑坡在平水期水位时稳定性系数为 1.250，处于稳定状态；175m 正常水位遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.028，处于潜在不稳定状态；在 175m→145m 水位遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.027，处于潜在不稳定状态；在 175m→145m 水位遭遇 5 年一遇暴雨+地震时稳定性系数为 0.979，处于不稳定状态。可见，铁合金厂滑坡受地震、降雨的影响较大。

2.11.4 滑坡库岸塌岸预测

2.11.4.1 滑坡库岸基本特征

铁合金厂滑坡库岸总长 350m，全段均为土质库岸，滑坡前缘高程 140~160m 为人工改造的阶梯状地形，阶坎高 5~8m，台面宽 10~12m，整体平均坡角 34°，物质组成为滑坡堆积物，以粉质粘土夹碎块石为主；高程 160~175m 为缓坡地形，坡角 8~10°，其物质组成以粉质粘土夹碎块石为主。

2.11.4.2 塌岸的主要形式及成因

根据岸坡工程地质条件与变形机制，铁合金厂滑坡塌岸类型为滑移型，岸坡的形态、物质组成与岩性组合、结构面，地质构造与地震、人类工程活动以及库水位的消涨等是影响塌岸的主要因素。而库水位的消涨是影响塌岸的主要外部因素，其影响主要表现在以下几个方面：

1、库水的长期浸泡，使得岸坡岩土体的强度降低，当岩土体强度降低到一定程度时，岸

坡将产生坍塌或者局部的滑移变形；

2、库水波浪的冲蚀作用，使得岸坡产生侵蚀型再造；

3、库水位在短时间内的回落，使得岸坡岩土体中的地下水不能及时的消散，将在岸坡形成动水压力，导致岸坡产生失稳破坏。

2.11.4.3 塌岸预测

铁合金厂滑坡塌岸预测主要通过图解预测法，选取 145~175m 水位变幅带稳定坡角为 16°，图解出 145~175m 水位再造塌岸宽度为 104m，选取 175m 水位以上稳定坡角为 22°，水位再造塌岸宽度为 44m，再造后缘高程为 192m（滑坡库岸塌岸预测图解）。

图 3-11-3 铁合金厂滑坡塌岸预测图解

2.11.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.11.5.1 滑坡危害性分析

铁合金厂滑坡位于奉节新县城长江南岸工业区中部，目前区内道路、房屋及其它基础设施已基本建成，新城建设已具有相当规模。长江南岸工业区现已建成沿江大道，沿路建有居民房屋。铁合金厂滑坡一旦失稳，主要危害有：

（1）对人民生命财产的危害：滑坡区中后缘建筑物密布，居民众多，常住人口数千人，滑坡失稳将造成巨大的人员伤亡及财产损失。

（2）对交通运输的危害：滑体失稳下滑造成区内交通中断，工业区主干道沿江路也将被毁瘫痪。

（3）对城市规划开发建设的危害：滑坡影响到城市功能恢复的规划。滑坡失稳将造成移民区土地破坏，开发建设用地更加紧张，影响经济发展和建设。

2.11.5.2 实物指标调查

根据本次实物指标调查资料，铁合金厂滑坡体上及影响区内主要实物指标有：永乐镇幺店村及镇卫生院，幺店村居民有 54 户 205 人，房屋为框架结构，面积 8364m²，砖混结构，面积 4427m²，砖木结构，面积 175m²，土木结构，面积 90m²，居民生活饮用水池有 561m³，果园 250 亩，花卉园地 75 亩，林地 90 亩；堰塘一口，规模 150m³；沿江三级公路长 1300m，四级公路长 450m；预制厂占地面积 850m²，输电线 27 杆 247m，变压器 2 台，光缆线路 650m，通信线 2500m；港口码头，吞土能力 15 万吨，占地面积 150m²，设备有装载机，趸船一艘。镇卫生院房屋为框架结构，面积 1500m²，医疗工作人员 9 人。

折合总费用 5000 万元。

2.11.6 防治方案比较与建议

2.11.6.1 防治方案分述

①工程治理

滑坡实施综合治理，应根据滑坡地形、地质条件，将滑坡的防治与库岸防护统筹考虑，一并安排实施。

A、抗滑桩工程+护坡+排水系统

抗滑桩工程在 180m 高程一带布设一排抗滑桩，桩与桩之间用挡板墙连接，桩径为 2.0m×3.0m，桩心间距为 6m，平均桩长 50m，共 20 根，估算工程治理费用为 800 万元。

护坡：铁合金厂滑坡前缘为高程 140m，将受 175m 水位影响，为保护滑坡前缘岸坡坡面在水位变伏区内免遭库水冲掏、侵蚀，可采用放坡护面，估算工程治理费用为 100 万元。

完善地表排水系统：在滑坡外围修建排水沟，将斜坡以上的地表水拦截在滑体之外，防止地表水渗入滑体。滑体内建筑群应统一规划排水体系，生活污水等的排放应通过涵管、明暗沟集中排放，估算工程治理费用为 20 万元。

B、前缘压脚+护坡+排水系统

回填压脚的土石方布置在滑坡体前缘宽缓平台上，采用碎石土分层回填碾压，填土范围从滑坡左侧齐家沟到滑坡右侧陈家沟，宽度约 150m（滑坡西侧新解体范围），填土高程从 140~168m，估算回填土石方量为 60 万 m³；另排水系统费用 20 万元，估算工程治理费用为 2020 万元。

综上所述，抗滑桩+护坡+地表排水综合工程治理费用为 920 万元；前缘压脚+护坡综合工程治理费用为 2020 万元。

应该指出的是，滑坡的工程整治一般只能提高滑坡的整体稳定性，避免全面失稳，但在水

库蓄水后，随着环境条件的改变，滑坡堆积体库岸的应力将因之而调整，从而导致坡体产生不同程度的变形，这往往是严重的甚致是难以克服，因而滑坡治理时，应特别注意对场内相对变形问题的防治。

②搬迁避让

铁合金厂滑坡位于奉节新县城长江南岸工业区核心部位，目前区内道路、房屋及其它基础设施建设设施已基本建成，新城建设已具有相当规模。长江南岸工业区现已建成沿江大道，沿路建有居民房屋。铁合金厂滑坡后缘沿江大道两傍为库区水位影响而后靠移民安置区，沿江大道为奉恩公路该道复建公路，是奉节通往湖北省恩施的唯一路径，搬迁所带来的影响也非常大。根据上述实物调查的指标，受到铁合金厂滑坡影响的人民财产和公共设施总经济价值 4000 万。如果进行搬迁避让，按《xx 移民局关于农村移民二期清库安置搬迁补偿销号价格标准的通知》上的价格计算，搬迁费用需 2450 万元。经济损失和搬迁费合计为 6450 万元。

③监测预警

布置地表位移监测点 4 个，深部位移监测点 2 个，监测时间为每 15~30 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 350 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的费用为 4.2 万元。

2.11.6.2 防治方案比较与推荐意见

采用工程治理方案，有利于控制滑坡的进一步变形破坏，工程效果好，能充分利用坡体上现有土地资源，为当地社会经济发展创造更好的环境，抗滑桩+护坡+地表排水综合工程治理费用约 1000 万元；前缘压脚+护坡综合工程治理费用为 2000 万元，由于铁合金厂滑坡地段长江水位现已到达 140m，前缘宽缓平台已被淹没，水下压脚施工技术要求更高；搬迁避让方案将会损失区内已建道路、房屋及其它基础设施，经济损失较大，搬迁避让费用和损失在 0.645 亿元以上。监测预警费用较少，但不能从根本上消除滑坡的威胁。因此，从经济、技术、社会效益等方面综合对比考虑，工程治理方案在技术经济上均更合理，建议采用抗滑桩+护坡+地表排水工程治理方案。

2.11.6.3 规划建议

目前沿江大道两侧大规模建房是对滑体进行加载，增加滑坡的下滑推力，对滑体稳定也将产生不利的影响，建议：

①铁合金厂滑坡在 175m 水位下上部滑体处于潜在不稳定状态，在遭遇长时间高强度的大暴雨时，滑坡可能复活，建议尽快实施工程治理。

②在滑坡未治理以前应严格控制滑坡体上各类工程建设活动。

③滑坡区后缘大规模的进行开发建设，居民建房排水体系无统一的规划，生活污水及大气降水入渗滑体将对滑体稳定不利，建议尽快解决开发区地表水排放问题。

④解体滑坡仍存在变形迹象，建议加强监测工作，责任落实到人。

2.12 瓦子坪滑坡

2.12.1 瓦子坪滑坡的地质特征

2.12.1.1 滑坡的空间形态

瓦子坪滑坡位于 xx 明水乡场镇，地处长江一级支流梅溪河左岸，距梅溪河河口 44km，其地理坐标: X=3445933， Y=3669336，渝巴公路从该滑坡体上经过。瓦子坪滑坡，其边界特征明显，后缘以土层与基岩的交接面为界，高程 345m；前缘以梅溪河为界，高程 194~197m；西侧以原染坊西侧 50m 处冲沟为界；东侧以原瓦子坪粮店东侧 50m 处冲沟为界。滑坡南北长 550m，东西平均宽 450m，平均深度约 24m，面积 $24.75 \times 10^4 \text{ m}^2$ ，体积 $600 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，主滑方向为 173°。滑坡的全貌见照片 3-12-1。

照片 3-12-1 瓦子坪滑坡全貌

瓦子坪滑坡整体上发育两级平台，第一级平台高程为 300~320m，第二级平台高程为 230~245m。滑坡的后缘呈陡壁，壁高 15m。滑坡两侧发育冲沟，西侧冲沟切割深度 0.5~1.5m，宽 1.0m；东侧冲沟切割深度 1.5~3.5m，宽 1.0~2.5m。两侧冲沟均常年有水，沟底未见基岩。滑坡前缘剪出口在梅溪河边，坡角 30°左右，沿河边长度 650m 一线，可见泉水出露。

据钻探、探井及槽探揭露，瓦子坪滑坡的滑面为基岩与土层的接触面，埋深随基岩面起伏而变化，最深为 46.17m（WZZK1 揭露）。在滑坡前缘存在次级滑面，埋深度 14.80m（WZTJ1）、35.80m（WZZK4）。

2.12.1.2 滑坡的物质组成及结构特征

（1）滑体：滑体的物质组成有人工填土和块碎石土两种。
人工填土：厚度 1.2~6.6m，成分复杂，有粉质粘土、煤渣、卵石和碎石等。该层结构稍密。
块碎石土：块碎石成分为紫红色泥岩和灰绿色、黄色砂岩，强~中风化，砂岩为中~粗粒结构。块碎石呈棱角一次棱角状，直径 2mm~1.2m，最大者可达 3~8m。土为紫红色、黄褐色粉质粘土，软塑—可塑状，土石比为 4:6，整体结构松散—中密。

（2）滑带：主要成分为粉质粘土，厚度 0.4~1.0m。
粉质粘土呈紫红色，软塑状，近饱和状态，夹 20%的紫红色泥岩碎石，碎石有一定的磨圆（见照片 3-12-2），直径 3~8mm，可见擦痕和磨光现象。在滑坡前缘存在的次级滑坡，滑带的埋深为 14.80m、35.80m，据探井揭露，在滑带的位置有水渗出。

照片3-12-2 钻孔2中滑带土

（3）滑床：滑床为侏罗系中统上沙溪庙组砂质泥岩和砂岩互层。
砂质泥岩：紫红色，薄层状构造，强~中风化，强风化厚度为 1.6~2.7m，岩层产状为倾向北西，倾角 10°左右。滑床顶部较为破碎，裂隙发育两组，分别为近东西走向和近南北走向，倾角近直立，裂隙中充填泥质。
砂岩：灰绿色、黄色，中细粒结构，中~厚层状构造，强~中风化。岩层产状为倾向北西，倾角 10°左右。滑床顶部较为破碎，裂隙发育两组，分别为近东西走向和近南北走向，倾角近直立，裂隙中充填泥质。

在滑坡的前部，滑体与滑床之间夹一层冲洪积层。主要成分为砂、卵、砾石。卵石含量 15%，呈次圆状，直径 3~5cm，成分为紫红色泥岩和黄色砂岩；砾石含量为 35%，呈次圆状，砾径 3~20mm，成分为紫红色泥岩和黄色砂岩；砂的含量为 50%。该层厚 0.50m 左右。

2.12.1.3 滑坡的水文地质

滑坡区地下水以松散岩类孔隙水和基岩裂隙水为主。
滑坡堆积为粉质粘土夹碎块石，根据探井揭露，探井中、下部局部有渗水现象，多呈浸润状或散滴状渗出。滑体内的地下水以接受大气降水及地表水补给，短途迳流，在地形低点处排出，故地下水的赋存性较差，4 个钻孔内均未见地下水位。

滑坡体下伏基岩裂隙发育，地下水以基岩裂隙水的形式赋存，但上覆粘性土层透水性差，补给条件差，故水量贫乏。

在滑坡的前缘有泉水，主要是由于滑体内地下水局部富集所致，水量 0.05l/s，旱季无水。
瓦子坪滑坡地处长江一级支流梅溪河左岸，坡体上冲沟发育，纵横交错，沟内长年有水，水量随季节性变化明显，主要受大气降水补给，注入梅溪河。坡体上共有水塘 7 个，塘水下渗为滑坡的形成提供了必要条件。

2.12.1.4 滑带土的物理力学性质

滑带土的主要成分为粉质粘土，紫红色，软塑状，夹少量紫红色泥岩碎石，结构松散，其物理力学性质如表 3-12-1 所示。

2.12.2 滑坡的形成机制

2.12.2.1 滑坡的变形特征及发育史

从二十世纪 70 年代以来，滑坡体每年均发生不同程度的变形，具体表现为滑体上房屋出现拉裂，并有逐渐扩大趋势。据记载，在 1975 年，瓦子坪滑坡发生一次较大规模的蠕动，在滑坡的后缘出现拉裂缝，并伴随下沉，拉裂宽度最宽达 0.5m，下沉最深达 1.0m。2000 年 4 月，渝巴公路建成以后，瓦子坪滑坡的前缘再次发生滑动，渝巴公路及公路两侧房屋发生大规

模开裂和下沉（见照片 3-12-2、3-12-3）。明水乡场镇沿公路长 600m，路面发生开裂的达 200m，方向近垂直。在公路两侧的房屋几乎每户都有不同程度的开裂，而且开裂程度逐年加剧。乡镇可见最大深度为 1.8m，水平位移最大 10cm，垂直位移最大达 18cm，裂缝走向与滑坡的滑动

表 3-12-1

瓦子坪滑坡滑带土物理力学性质成果一览表

室内 编号	野外 编号	土依 规范 分类 GB/T50 123-1999	含 水 量 ω ₀ (%)	密 度 ρ ₀ g/cm ³	比 重 Gs	饱 和 度 Sr (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	液 限 ω _L (%)	塑 限 ω _p (%)	塑性 指 标 Ip	液性 指 标 I _L	压 缩 试 验				抗 剪 强 度								
													压缩 模量 Es (Mpa)	压缩系数 a _v (Mpa ⁻¹)				(快剪)		(多次剪)		(饱和直剪)		(饱和多次剪)	
														0~0.05	0.05~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	内摩擦角 Φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 Φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 Φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 Φ (°)	内聚力 C (kpa)
WZ01	WZTC11-1	粉质粘土	23.1	2.06	2.74	99	39	0.637	30.9	16.8	14.1	0.45	4.67	1.21	0.48	0.35	0.3	14.7	28	13.3	18	13.5	21	12	14
WZ02	WZTJ01-1	粉质粘土	24	2.02	2.74	96	41	0.682	31.1	17.4	13.7	0.48	4.32	1.53	0.77	0.39	0.33	15.5	37	12.4	21	14	26	12.5	16
WZ03	WZZK01-1	粉质粘土	23.5	2.02	2.74	95	40	0.675	32.8	18.5	14.3	0.35	5.64	0.36	0.32	0.3	0.25	11.5	38	8	21	8.5	23	7	11
WZ04	WZZK02-1	粉质粘土	22.4	2.03	2.74	94	39	0.652	33.1	18.4	14.7	0.27	7.13	0.51	0.31	0.23	0.2	13.5	24	11	17	12.3	19	11.5	16
WZ05	WZZK03-1	粉质粘土	24.7	2.04	2.76	99	41	0.687	34.6	21.1	13.5	0.27	7.68	0.31	0.25	0.22	0.19	12.3	42	10	24	11.5	30	8	17
WZ06	WZZK04-1	粉质粘土	21.5	2.05	2.74	94	38	0.624	32.7	19.5	13.2	0.15	10.32	0.29	0.22	0.16	0.13	15.3	78	12.7	33	13.2	45	11	29
WZ07	WZZK04-2	粉质粘土	25.2	2.01	2.71	99	41	0.688	33.3	22.1	11.2	0.48	5.31	0.85	0.39	0.32	0.27	12.7	39	10.5	21	11.7	26	9	16
统计数			7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
平均值			23.49	2.03	2.74	96.57	39.86	0.66	32.64	19.11	13.53	0.35	6.44	0.72	0.39	0.28	0.24	13.64	40.86	11.13	22.14	12.10	27.14	10.14	17.00
标准差			1.19	0.02	0.01	2.19	1.12	0.02	1.19	1.78	1.06	0.12	1.95	0.45	0.17	0.08	0.06	1.45	16.29	1.70	4.91	1.70	8.03	1.98	5.24
变异系数			0.05	0.01	0.00	0.02	0.03	0.04	0.04	0.09	0.08	0.34	0.30	0.63	0.44	0.27	0.27	0.11	0.40	0.15	0.22	0.14	0.30	0.19	0.31
修正系数			0.94	0.99	0.99	0.97	0.96	0.95	0.95	0.88	0.90	0.58	0.62	0.21	0.44	0.67	0.66	0.87	0.50	0.81	0.72	0.82	0.63	0.76	0.61
标准值			21.99	2.01	2.72	93.82	38.45	0.63	31.15	16.89	12.20	0.20	4.00	0.16	0.17	0.19	0.16	11.83	20.47	9.00	15.99	9.97	17.09	7.67	10.44

领导组织了人员对变形裂缝进行了监测。裂缝宽度从 2000 年的几个毫米现已演变为十几厘米，裂缝的发展速度将近 4cm/a。现在，明水乡场镇上多处房屋已成为危房，在个别房屋内地面有隆起现象（见照片 3-12-4）。

照片 3-12-3 渝巴公路路面开裂

照片 3-12-4 房屋墙体开裂

照片 3-12-5 房屋地面开裂

照片 3-12-6 房屋内地面隆起

根据瓦子坪滑坡现在的变形情况分析，前缘次级滑坡已处于蠕滑变形的后期，如果不及及时进行工程治理，滑坡近期失稳的可能性很大。

2.12.2.2 滑坡的影响因素分析评价

（1）地层岩性及构造特征

该滑坡区的基岩为砂岩和泥岩互层，砂岩透水性好，泥岩隔水性好，而且泥岩遇水后易风化，易形成软弱带，这为瓦子坪滑坡的形成提供了必要条件。滑坡体物质成分为块碎石土，块碎石搭成空间骨架，具有良好的透水性，而粘性土则具有良好的隔水性，粘性土遇水后变软，形成软弱夹层，一旦软弱夹层贯通则形成完整的滑带，滑坡就会失稳，这是瓦子坪滑坡发生次级滑动的主控因素之一。

滑坡后缘呈陡壁，裂隙发育，受裂隙切割岩体发生崩塌，崩塌后的块石堆积加载于滑坡体上，对滑坡的形成起着推动作用。

（2）河流的冲刷作用

瓦子坪滑坡地处梅溪河的左岸，受河水冲刷作用明显，随着河水侧向侵蚀和下切程度的逐渐加深，易形成高陡临空面逐渐，这为滑坡的形成提供了有利空间条件。现在，瓦子坪滑坡的前缘呈北高南低地势，坡角 30°左右，已经远大于土体的内摩擦角，所以滑坡尤其是次级滑坡发生再次失稳的可能性很大。

（3）大气降雨与地表水

据该区气象资料显示，该区气候温暖潮湿，雨量丰沛，且多连雨、暴雨，雨水很容易下渗，加之滑坡后缘 7 口水塘的水下渗，居民生活污水任意排放下渗，这为滑体内软弱带提供了较充足的水源。

（4）人类工程活动

人类不断地在滑体上修建公路和房屋，增加了坡体上的荷载，大大增加了滑坡失稳的可能性。

2.12.2.3 滑坡的成因机制分析

瓦子坪滑坡整体为土质滑坡，该滑坡的形成主要是在滑坡后缘推移和前缘牵引共同作用下的结果。

（1）滑坡后缘呈近直立陡壁，壁高 15m，岩体内节理裂隙发育，产状为：① $88^{\circ}\angle 66^{\circ}$ ，② $173^{\circ}\angle 89^{\circ}$ ，受这两组节理裂隙的控制，岩体易发生崩塌。据调查，该区历史上曾多次崩塌。目前，滑坡后缘堆积大量的块石，这也可以证明滑坡后缘存在崩塌。崩塌后的块石增加了坡体上的荷载，当堆积到一定的程度，在重力作用下必然对坡体产生推移作用而滑动。

（2）滑坡前缘坡体在河水冲刷淘蚀作用下形成临空面，致使滑坡前缘受到牵引变形。

综上所述，在牵引和推移的共同作用下，坡体的下滑推力一旦超过了岩土体的抗滑能力，则形成滑坡。另外，在移民新城镇建设中，滑坡前缘坡体不合理开挖、回填、加载和雨水等因素的共同作用下诱发了次级滑坡。

2.12.3 坡的稳定性分析与评价

2.12.3.1 滑坡的变形动态分析

瓦子坪滑坡为一老滑坡，能量释放基本完全，处于基本稳定状态，但近几年人为在滑坡体上修建公路和房屋，增加了滑坡体上的荷载。据调查，滑坡体上冲沟、水塘、水田等较多，再加上生活污水的任意排放，为次级滑坡的形成提供了有利条件，据对现已变形破坏的危房住户的访问，从 2000 年 4 月到现在，滑坡的变形逐渐加剧，尤其是从 2002 年到 2003 年变形更加剧烈。

2.12.3.2 滑坡的稳定性计算与分析

（1）计算剖面

本次计算采用 I-I'剖面作为计算剖面。瓦子坪滑坡存在多级次级滑动，根据可能存在的最危险滑面，划分计算剖面详见图 3-12-1、2、3、4。

（2）计算方法

本次计算采用 Bishop、传递系数法和一般条分法进行计算。其计算公式、推力计算公式见港航砖厂滑坡一节。

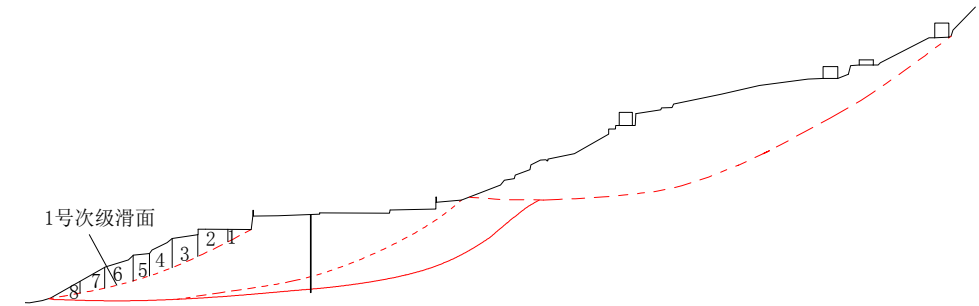


图 3-12-1 1 号次级滑动计算剖面

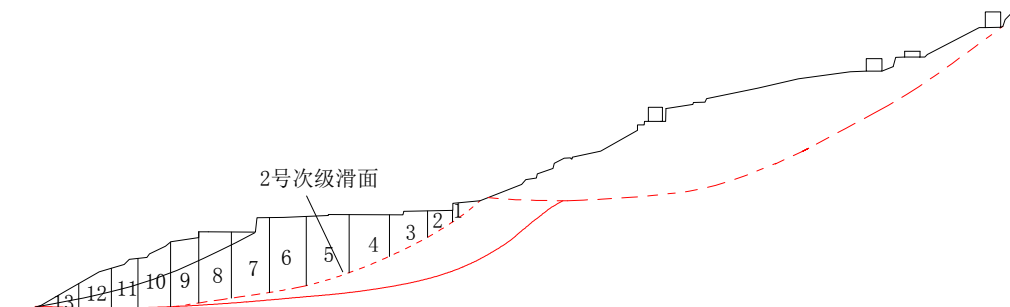


图 3-12-2 2 号次级滑动计算剖面

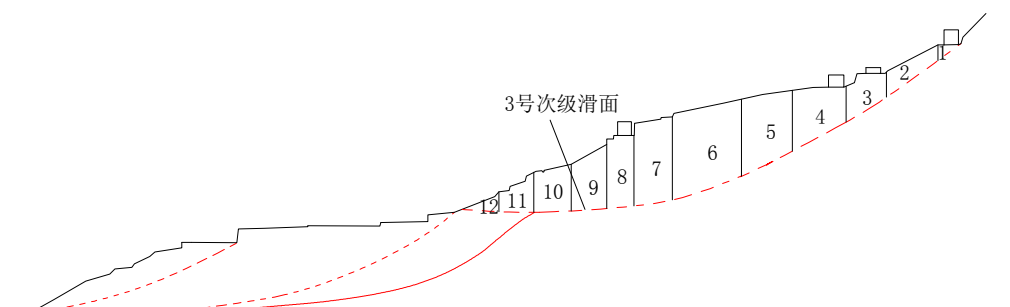


图 3-12-3 3 号次级滑动计算剖面

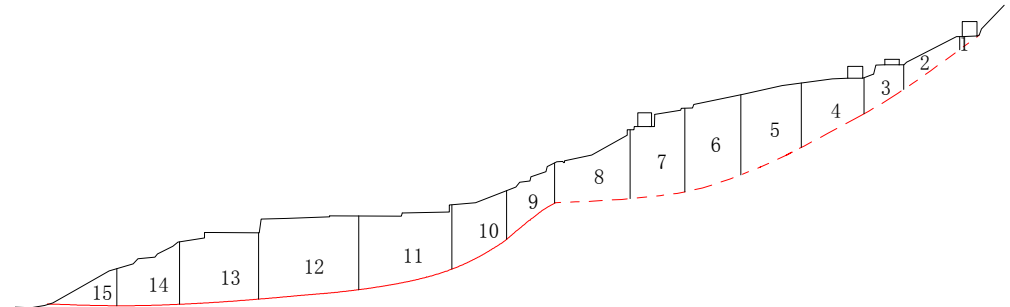


图 3-12-4 整个滑坡计算剖面

(3) 计算工况

瓦子坪滑坡前缘高程最低为 194m，属于未涉水滑坡，计算工况如下：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+5 年一遇暴雨

工况二：自重+地表荷载+动荷载+50 年一遇暴雨

工况三：自重+地表荷载+动荷载+地震+5 年一遇暴雨

滑体上覆建筑物荷载按 10kN/层·m 考虑。

由于滑体厚度较大，且滑体内无地下水，暴雨不能使整个滑体饱水，大气降水入渗深度根据渗流速度和入渗时间确定，而渗流速度等于渗透系数乘与水力坡度之积，由于大气降水为垂直入渗，水力坡度为 1，渗流速度等于渗透系数，根据钻孔注水试验，渗透系数为 0.4m/d。入渗时间：5 年一遇暴雨为连续降雨 15 天，50 年一遇暴雨为连续降雨 20 天。经计算，5 年一遇暴雨大气降水入渗深度为 6m，50 年一遇暴雨大气降水入渗深度为 8m。

计算结果见表 3-12-2、3、4、5。

表 3-12-2 瓦子坪滑坡 1 号次级滑坡剩余下滑力计算表									
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
I	1	875.010	14.717	27.646	22	13	0.996	1.20	60.377
	2	3317.553	18.783	25.817	22	13			690.986
	3	4085.435	15.657	23.205	22	13			1416.623
	4	3506.661	13.586	19.947	22	13			1826.491
	5	2380.095	9.600	17.151	22	13			1967.067
	6	4028.679	16.505	14.083	22	13			1959.689
	7	2454.388	14.132	11.461	22	13			1736.998
	8	1125.274	17.686	10.003	22	13			1369.968
II	1	875.010	14.717	27.646	22	13	0.887	1.10	0
	2	3317.968	18.783	25.817	22	13			487.226
	3	4135.062	15.657	23.205	22	13			1124.136
	4	3595.321	13.586	19.947	22	13			1545.880
	5	2449.188	9.600	17.151	22	13			1738.271
	6	4143.104	16.505	14.083	22	13			1827.118
	7	2553.711	14.132	11.461	22	13			1704.718
	8	1179.688	17.686	10.003	22	13			1450.002
III	1	875.010	14.717	27.646	22	13	0.924	1.10	38.093
	2	3317.553	18.783	25.817	22	13			615.629
	3	4085.005	15.657	23.205	22	13			1292.243

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	4	3506.504	13.586	19.947	22	13			1678.580
	5	2380.095	9.600	17.151	22	13			1814.511
	6	4028.679	16.505	14.083	22	13			1818.711
	7	2454.388	14.132	11.461	22	13			1613.979
	8	1125.274	17.686	10.003	22	13			1257.422

表 3-12-3 瓦子坪滑坡 2 号次级滑坡剩余下滑力计算表									
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
I	1	1266.669	17.632	37.710	21	12	1.151	1.20	360.546
	2	2810.425	15.491	31.315	21	12			1390.234
	3	6965.631	22.294	26.552	21	12			3637.729
	4	10852.961	22.953	22.056	21	12			6261.996
	5	14645.077	23.582	16.575	21	12			8147.804
	6	14128.582	19.615	10.638	21	12			8165.617
	7	13793.846	20.156	8.336	21	12			7621.715
	8	11703.938	17.453	8.398	21	12			7163.443
	9	9944.918	14.898	7.575	21	12			6599.476
	10	9635.454	17.152	1.918	21	12			4749.293
	11	6525.298	13.921	0.622	21	12			3411.949
	12	5774.732	17.200	-0.750	21	12			1978.863
	13	2545.006	21.107	-1.626	21	12			1021.374
II	1	1292.067	17.632	37.710	21	12	1.072	1.10	330.935
	2	2867.071	15.491	31.315	21	12			1309.121
	3	7082.593	22.294	26.552	21	12			3426.791
	4	11016.820	22.953	22.056	21	12			5899.016
	5	14820.606	23.582	16.575	21	12			7643.888
	6	14268.687	19.615	10.638	21	12			7615.212
	7	13929.471	20.156	8.336	21	12			7065.434
	8	11805.863	17.453	8.398	21	12			6586.811
	9	10013.686	14.898	7.575	21	12			6000.794
	10	9693.986	17.152	1.918	21	12			4226.226
	11	6557.701	13.921	0.622	21	12			2932.444
	12	5803.879	17.200	-0.750	21	12			1541.372
	13	2558.990	21.107	-1.626	21	12			606.407

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
			(m)		(kPa)				
III	1	1266.449	17.632	37.710	21	12	1.023	1.10	316.832
	2	2809.876	15.491	31.315	21	12			1272.777
	3	6964.787	22.294	26.552	21	12			3387.672
	4	10852.055	22.953	22.056	21	12			5890.388
	5	14644.354	23.582	16.575	21	12			7754.586
	6	14128.220	19.615	10.638	21	12			7896.816
	7	13793.716	20.156	8.336	21	12			7521.625
	8	11703.938	17.453	8.398	21	12			7209.636
	9	9944.918	14.898	7.575	21	12			6783.688
	10	9635.454	17.152	1.918	21	12			5156.621
	11	6525.298	13.921	0.622	21	12			3982.935
	12	5774.732	17.200	-0.750	21	12			2698.680
	13	2545.006	21.107	-1.626	21	12			1806.004

表 3-12-4 瓦子坪滑坡 3 号次级滑坡剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	1033.192	15.339	36.464	23	16.5	1.095	1.20	137.923
	2	9318.748	34.276	35.369	23	16.5			3570.687
	3	10010.195	25.763	31.654	23	16.5			6681.993
	4	16854.643	33.226	28.316	23	16.5			11009.770
	5	21060.008	30.666	26.181	23	16.5			15940.803
	6	33016.797	39.653	18.832	23	16.5			18179.883
	7	17142.342	21.077	8.953	23	16.5			14856.388
	8	10466.993	14.881	5.592	23	16.5			12492.899
	9	10708.990	19.372	3.788	23	16.5			9765.746
	10	8933.188	20.212	2.013	23	16.5			7058.527
	11	5112.340	18.952	-0.877	23	16.5			4918.225
	12	1435.326	18.396	-3.584	23	16.5			3906.755
II	1	1033.192	15.339	36.464	23	16.5	1.061	1.10	76.519
	2	9318.748	34.276	35.369	23	16.5			2970.240
	3	10010.195	25.763	31.654	23	16.5			5569.005
	4	16932.266	33.226	28.316	23	16.5			9276.475
	5	21240.770	30.666	26.181	23	16.5			13698.102
	6	33262.895	39.653	18.832	23	16.5			15501.490

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	7	17234.123	21.077	8.953	23	16.5			12249.729
	8	10517.584	14.881	5.592	23	16.5			9912.287
	9	10757.609	19.372	3.788	23	16.5			7214.831
	10	8959.621	20.212	2.013	23	16.5			4546.580
	11	5112.740	18.952	-0.877	23	16.5			2447.798
	12	1435.326	18.396	-3.584	23	16.5			1473.651
III	1	1033.192	15.339	36.464	23	16.5	1.008	1.10	104.932
	2	9318.748	34.276	35.369	23	16.5			3254.753
	3	10010.195	25.763	31.654	23	16.5			6122.740
	4	16856.969	33.226	28.316	23	16.5			10129.719
	5	21065.580	30.666	26.181	23	16.5			14726.960
	6	33019.711	39.653	18.832	23	16.5			16860.367
	7	17142.441	21.077	8.953	23	16.5			13825.239
	8	10466.993	14.881	5.592	23	16.5			11665.924
	9	10708.990	19.372	3.788	23	16.5			9168.911
	10	8933.188	20.212	2.013	23	16.5			6679.781
	11	5112.340	18.952	-0.877	23	16.5			4686.149
	12	1435.326	18.396	-3.584	23	16.5			3717.657

表 3-12-5 瓦子坪滑坡整体剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	954.597	13.392	36.468	22	15	1.267	1.20	180.531
	2	9988.041	37.428	35.397	22	15			4214.331
	3	10544.309	25.343	31.495	22	15			7992.648
	4	20302.742	38.955	28.236	22	15			14127.183
	5	26276.105	36.266	24.311	22	15			19893.875
	6	27114.008	31.902	16.987	22	15			21205.828
	7	23623.270	30.097	7.042	22	15			16865.068
	8	21264.164	41.394	3.421	22	15			11847.291
	9	12151.352	32.704	37.171	22	15			17415.287
	10	16999.012	33.995	28.518	22	15			21982.977
	11	34826.637	51.801	12.464	22	15			18633.947
	12	43867.516	55.174	5.387	22	15			10262.519
	13	29230.965	42.401	3.759	22	15			3982.908

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
	14	17737.090	35.038	1.243	22	15			0
	15	7232.915	36.129	-1.301	22	15			0
II	1	1014.233	13.392	36.468	22	15	1.141	1.10	225.371
	2	10359.551	37.428	35.397	22	15			4614.036
	3	10824.437	25.343	31.495	22	15			8524.484
	4	20740.357	38.955	28.236	22	15			14744.663
	5	26670.805	36.266	24.311	22	15			20331.664
	6	27350.551	31.902	16.987	22	15			21293.738
	7	23827.877	30.097	7.042	22	15			16946.445
	8	21505.086	41.394	3.421	22	15			12140.685
	9	12435.050	32.704	37.171	22	15			17594.744
	10	17374.367	33.995	28.518	22	15			22266.041
	11	35284.285	51.801	12.464	22	15			19012.229
	12	44192.125	55.174	5.387	22	15			10640.490
	13	29476.529	42.401	3.759	22	15			4470.131
	14	17883.529	35.038	1.243	22	15			0
	15	7283.729	36.129	-1.301	22	15			0
III	1	954.597	13.392	36.468	22	15	1.152	1.10	150.044
	2	9988.862	37.428	35.397	22	15			3877.901
	3	10544.473	25.343	31.495	22	15			7393.022
	4	20302.766	38.955	28.236	22	15			13118.818
	5	26276.105	36.266	24.311	22	15			18535.502
	6	27114.008	31.902	16.987	22	15			19852.490
	7	23623.270	30.097	7.042	22	15			15946.480
	8	21264.164	41.394	3.421	22	15			11396.988
	9	12151.352	32.704	37.171	22	15			16559.764
	10	16999.012	33.995	28.518	22	15			20807.355
	11	34826.637	51.801	12.464	22	15			17786.219
	12	43867.516	55.174	5.387	22	15			10239.426
	13	29230.965	42.401	3.759	22	15			4569.295
	14	17737.090	35.038	1.243	22	15			54.523
	15	7232.915	36.129	-1.301	22	15			0

2.12.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

瓦子坪滑坡 1 号次级滑动在第一种工况下稳定性系数为 0.996，处于不稳定状态。

2 号次级滑动在第一种工况下稳定系数为 1.151，处于基本稳定状态；在第二种工况下稳定系数为 1.072，处于潜在稳定状态；在第三种工况下稳定系数为 1.023，处于潜在不稳定状态。

3 号次级滑动在第一种工况下稳定系数为 1.095，处于潜在不稳定状态；在第二种工况下稳定系数为 1.061，处于潜在不稳定状态；在第三种工况下稳定系数为 1.008，处于潜在不稳定状态。

瓦子坪滑坡整体在第一种工况下稳定系数为 1.267，处于稳定状态；在第二种工况下稳定系数为 1.141，处于稳定状态；在第三种工况下稳定系数为 1.152，处于稳定状态。

瓦子坪滑坡在上述三种工况下均处于稳定状态，但滑坡存在多级次级滑动，其次级滑动在上述三种工况下处于潜在不稳定和不稳定状态，尤其是 1 号次级滑动在 5 年一遇暴雨的情况下即将发生变形破坏，因此，一旦条件成熟，瓦子坪滑坡前缘将发生次级滑动。

2.12.4 滑坡的危害性分析及实物指标调查

2.12.4.1 滑坡危害性分析

瓦子坪滑坡位于 xx 明水乡场镇上，渝巴公路从该滑坡体上经过。滑坡体上还分布有明水中学、瓦子坪小学、长委重庆水文站、卫生院及民房多座，滑坡一旦失稳，造成的危害将极其严重，具体表现如下：

（1）滑坡的前缘变形明显，而上述威胁对象大多数集中在滑坡的前缘，人民的生命财产受到严重威胁；

（2）滑坡失稳影响明水中学的正常教学秩序；

（3）渝巴路是重庆通往奉节的唯一一条公路，滑坡失稳将造成交通瘫痪，危害极大；

（4）明水乡场镇上有一部分村民是移民迁建过来的，滑坡失稳会影响到移民进程。

2.12.4.2 实物指标调查

本次实物调查的范围是：西侧到转运站，东侧到下瓦子坪村，南侧到梅溪河边，北侧到瓦子坪小学后 100m，总面积 0.6km²。调查结果如下：

（1）明水乡瓦子坪村 1、2、3 社 173 户 743 人，建筑面积 24295 m²，水田 175 亩，旱地 153 亩，果园 252 亩，林地 312 亩；

（2）明水中学师生 2100 人，楼房四座，建筑面积 15202 m²；

（3）瓦子坪小学师生 600 人，建筑面积 850 m²；

（4）渝巴公路 400m；
折合资金 5000 万元。

2.12.5 防治方案比较与建议

2.12.5.1 防治方案分述

（1）工程治理
根据滑坡的现场情况和计算结果，本次工程治理采用抗滑桩+排水措施。在滑坡的前部渝巴公路下方滑面近水平，属于阻滑段，抗滑桩设计在这个位置很合理。该位置地面高程 215~220m，东西长 550m，设计平均桩长 16m，嵌岩深度为 8m，桩径 1.5m×2m，桩心距为 6m，共 91 根，需钢筋砼 4368m³。按单价 1200 元/m³ 计算，需资金 525 万元。
坡体上冲沟纵横交错，均应进行浆砌、补漏；长度 1500m，按单价 40 元/m 计算，需资金 6 万元。为了避免人类生活污水的任意排放，在滑坡的前缘应修建排水系统，总长 800m，按单价 300 元/m 计算，需资金 24 万元。工程治理的总费用为 549 万元。

（2）搬迁避让
根据上述实物调查的指标，受到瓦子坪滑坡影响的人民财产和公共设施总经济价值 4000 万。如果进行搬迁避让，按《xx 移民局关于农村移民二期清库安置搬迁补偿销号价格标准的通知》上的价格计算，搬迁费用需 1630 万元。经济损失和搬迁费合计为 5630 万元。

（3）监测预警
布置监测剖面三条（两纵一横），深部位移监测点 7 个，地表位移监测点 10 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 1240 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的监测费用为 14.88 万元。

2.12.5.2 防治方案比较与推荐意见

通过以上措施的对比，进行工程治理要比搬迁避让经济合算，再者 xx 适合城镇建设的土地资源短缺，搬迁避让难度较大。据估算工程治理滑坡经费不超过 549 万元，治理经费远少于搬迁，而且社会效益、经济效益和环境效益显著。监测预警虽然不能根除灾害的发生，但能减少灾害的损失，因此，建议对瓦子坪滑坡采取工程治理+监测预警防治方案。

2.12.5.3 规划建议

（1）二十世纪 70 年代以来，滑坡每年均发生不同程度的变形破坏，并从 2000 年开始变形加剧，前缘次级滑坡现处于蠕滑变形的后期，一旦失稳危害极大，应尽早对该滑坡进行工程治理；
（2）通过对工程治理和搬迁避让的对比，进行工程治理要比搬迁避让经济合算，且社

会效益、经济效益和环境效益显著，建议对瓦子坪滑坡进行工程治理，同时作好监测预警告工作；

（3）滑坡工程治理应与当地建设规划相结合，滑坡区内要严格限制不利于滑坡稳定性的任何工程建设活动；

（4）现已变形破坏的危房住户应立即搬迁避让，以免造成人员伤亡；
（5）要严格控制场镇上生活污水任意排放，已建排水沟有损坏失效的要及时修补。

2.13 刘家包滑坡

2.13.1 刘家包变形体地质特征

2.13.1.1 滑坡空间形态

刘家包变形体位于长江北岸支流李家大沟的右岸，政通桥南侧 100~250m，地理坐标为：X=33501.03m，Y=96217.89m。变形体沿李家大沟右岸斜坡呈南北向展布，后缘少陵路紧邻交通局、环卫局、老干局，前缘临近李家大沟沟底，北边以少陵苑南侧为界，南边以老人球场南侧斜坡为界。在未填土之前，变形区有两条小冲沟（1998 年地形图），填土改造后，后部为基岩陡壁，中部为坪地，前部为斜坡，平面形态呈微向东凸的扇形（照片 3-13-1）。变形体纵向东西长 200~260m，南北宽 200~320m，面积约 6.5×10⁴m²，体积 235×10⁴m³。

变形体地势西高东低，坡面起伏大，后壁为护坡陡坎，中部人工填土为坪地，坡角 3~5°，宽度 30~80m，占变形体总面积的 40%，前缘为 25~45°斜坡，局部坡角达 50°以上。前缘坡脚邻近李家大沟沟底，为大块石堆积，现有施工单位在前缘坡脚取土。分析 1998 年地形图资料可以看出，刘家包变形体原位于凹槽处，凹槽后缘高程 280~310m，前缘为李家大沟沟底，高程为 190~200m，北边（即现在少陵苑南侧）为东西向的陡坡，高约 10m，南边以一小冲沟为界，本次勘探横剖面图VI-VI、上也表现出该区原始凹槽地形的存在。

根据《长江 xx 水利枢纽库区 xx 迁建城镇新址地质论证报告》（详勘 1997 年）资料，刘家包滑坡为残坡积层沿基岩面失稳，前缘高程为 190~200m，后缘高程为 275m，面积约 2.07×10⁴m²，体积 6.0×10⁴m³。

1998 年水利部天津水利水电勘测设计研究院勘察院在李家大沟大桥工程施工图设计阶段工程地质勘察时，认为刘家包滑坡属风化层浅层滑动，主滑方向 80~85°，后缘高程 280m，前缘高程 190~230m，滑体后缘岩层倾向山里，滑壁呈圈椅状，后缘地形坡角 35~70°，前缘高陡，滑坡处于不稳定状态。

照片 3-13-1 刘家包滑坡全貌

2.13.1.2 滑坡物质组成及结构特征

①滑体

刘家包变形体土体主要由残坡积土和人工堆积填土组成，厚度在空间上有明显的变化。根据钻探、山地工程揭露资料，从南北向上看，变形体厚度由北向南逐渐变深，北边一般深度 8~9m，南边一般深度 30~50m，从东西向上看(III-III’剖面)，变形体中部较厚(LJZK12、LJZK14)，一般在 40m 以上，后缘一般较薄，厚度小于 10m。

人工堆积填土：厚度 7.2~50.6m，主要为人工堆积弃土，为泥岩、泥灰岩碎块石土，骨架间充填粉质粘土。碎块石大多为强风化，少量为中风化，易碎，块径一般 15~25cm，最大的块径可达 2.5m。细粒土为紫红色含角砾粉质粘土，呈硬塑—可塑状态。

残坡积土：厚度 2.0~6.0m，为紫红色粉质粘土，夹碎石，碎石粒径 2.0~5.0cm，稍湿，中密，硬塑—可塑，土石比 8：2。根据原状土样室内试验，其天然密度为 2.07~2.31g/cm³，天然孔隙比 e₀ 为 0.314~0.481，液性指数 I_L 为 0.13~0.37，压缩系数 a_{v (0.1-0.2)} 为 0.13~0.22，属于中等压缩性土；抗剪强度（反复直剪饱和峰值）Φ 为 22.0~27.0°，平均值为 24.5°，C 为 20.0~48kPa。变形体残坡积土物理力学性质见表 3-13-1。

表 3-13-1 刘家包变形体残坡积土物理力学性质统计表													
原样 编 号	含 水 量 ω_0 (%)	密 度 ρ_0 g/cm ³	比 重 G _s	饱 和 度 S _r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	压 缩 试 验		抗 剪 强 度(反复剪)				备注 (室内 编号)
							压缩 模量 E _s (MPa)	压缩 系数 a _{v(0.1-0.2)} (Mp _a ⁻¹)	天然状态		饱和状态		
									内摩 擦角 φ (°)	内聚力 C (kPa)	内摩 擦角 φ (°)	内聚力 C (kPa)	
TZK34-1	17.6	2.16	2.72	100	32	0.481	6.69	0.22	30.2	51	27	32	ZK11-1
TZK34-2	17.3	2.16	2.72	99	32	0.477	7.86	0.19			25.5	48	ZK11-2
S5-1	16.1	2.16	2.72	95	32	0.462	6.8	0.22	33	58	26.8	38	ZK4-1
S8-1	9.8	2.07	2.71	61	30	0.437	8.2	0.18			27	44	ZK16-1
S3-1	11.6	2.31	2.72	100	24	0.314	8.93	0.15			22	38	初勘
S2-1	11.2	2.23	2.72	85	26	0.356	10.36	0.13			23	20	初勘
样本数	126	6	6	6	6	6	6	6	2	2	6	6	
平均值	13.93	2.18	2.72	90.00	29.33	0.42	8.14	0.18	31.60	54.50	25.22	36.67	
标准差	3.15	0.07	0.00	13.98	3.20	0.06	1.26	0.03	1.40	3.50	2.01	8.99	

变异系数	0.23	0.03	0.00	0.16	0.11	0.15	0.15	0.18	0.04	0.06	0.08	0.25	
修正系数	0.80	0.97	1.00	0.86	0.90	0.87	0.86	0.84	0.82	0.91	0.89	0.88	
标准值	11.14	2.12	2.72	77.60	26.50	0.36	7.02	0.15	25.97	49.40	22.41	32.25	

②滑床

填土覆盖前的刘家包滑坡主要是沿残坡积层与基岩的接触带滑动，下伏基岩主要为巴东组（T_{2b}²）的紫红色中厚层、薄层钙质泥岩夹少量灰绿色泥灰岩。在区域构造变动过程中，由于软硬岩层之间不一致的变形，泥灰岩多呈透镜状或不规则的条带状，而软质岩层（钙质泥岩）则多表现为不同规模的平缓褶曲和层间剪切破坏等，故岩层产状变化较大，地表岩层局部倾向山里，产状：32∠28°，深部岩层产状：232∠7°。浅层风化岩体厚度变化较大，岩体完整性差，呈碎块状。此外，泥岩具有遇水易泥化、软化、失水干裂等亲水特性。

2.13.1.3 滑坡水文地质

（1）地表水系

变形体区位于李家大沟右岸谷坡，地形整体西高东低，有利于地表、地下水排泄。大气降雨形成的地表水多沿坡面或渗入变形体内顺坡向李家大沟排泄并汇入长江。

（2）地下水特征

勘察区斜坡具松散土层（人工填土）与下伏基岩的双层结构，地下水按其赋存特征及水理性质分为松散堆积层孔隙水和基岩裂隙水。

基岩裂隙水主要赋存于区内巴东组（T_{2b}²）的泥岩裂隙中，接受大气降水及上部松散层孔隙水的补给，地下水的动态相对较稳定，但由于含水层近于水平，多呈不连续的透镜状，且空隙较小，补给条件差，水量亦很贫乏。由于该区人类工程活动较强烈，原始地面已全部被改造，未见泉水出露，据访问，在交通局修建之前，该处有一水井常年不枯，其水量可供 2 户人家，经估算供水量 2~5t/d，兴建工程后，在交通局和老干部局大楼基础桩开挖过程中，基岩表层有涌水，该泉水全部渗入变形体内。另外,在变形体中后部少陵路边有一城市污水管道穿过变形体,该管道汇集了整个县政府及周围生活污水，管道设计直径为 1.0m，该管道在变形体区经常破裂，管道出口无污水流出，而直接流入变形体内。

松散层（人工填土）孔隙水的含水层主要是人工填土，为粉质粘土夹泥岩、泥灰岩石，骨架间充满粉质粘土，堆积时间 3~5 年，厚度分布不均，最深可达 55m，其结构松散，未经分层碾压，还处于自然湿陷期。本次施工 24 个钻孔在晴天全部为干孔，2003 年 6 月 23 日暴雨后仅有 ZK11、ZK12 分别在 44.2m 和 54.6m 处有水位,可见变形体松散土层内地下水在接受大气降雨和地表水补给后沿基岩面径流，主要向李家大沟排泄。

2.13.2 滑坡形成机制

2.13.2.1 滑坡变形特征及发育史

根据前人观测资料，刘家包变形体整体处于欠稳定状态，蠕滑变形痕迹明显，后缘拉张裂缝及水平位移和垂直位移清晰，变形趋势比较严重，前缘局部已产生溜滑，牵引现象突出。现已投入使用的交通局和环境卫生局大楼，2002 年 8 月地面与楼房阶梯间开始发生错位（照片 3-13-2），水平位移 0.5~1.2cm，垂直位移 0.3~0.5cm，2003 年 3 月观测水平位移 3~5cm，垂直位移 2.5~3.5cm，延伸长度近 90m，后墙与院坝地面开裂宽 3~5cm，少陵路与政通路结合部，路面开裂，裂缝宽 1.5~2.0cm，垂直位移 0.3~0.5cm，该裂缝呈南东—北西延伸至交通局大楼底层，引起内中墙壁开裂，二楼沉降缝严重变形。

照片 3-13-2 环卫局楼房前阶梯下坐

照片 3-13-3 老人球场上新增裂缝 照片 3-13-4 老人球场外斜坡上新增纵向裂缝

随着暴雨的来临，老干部局门口的老人球场地面开始出现大量裂缝（照片 3-13-3），原断续的裂缝已首尾相连，裂缝的延伸长度最长可达 100m，方向约 200~210°，可见深度达 5~10cm，宽度 1~5cm，常有向李家大沟下错现象，裂缝新鲜。同时球场外变形体斜坡上也开始新增裂缝（照片 3-13-4），其中两条纵向裂缝可见延伸长度达 20~30m，方向约 90~100°，可见深度 3~5cm，可见宽度 2~3cm，裂缝新鲜，斜坡局部地方出现土体错动现象。

2.13.2.2 滑坡影响因素分析评价

经调查分析，该变形体的形成原因主要有以下几点：

- （1）变形体为大量新近（1997 年-1999 年）人工堆积填土，尚未完成自然沉压实密过程，土体松散一稍密，碎块石骨架间充填粉质粘土，土石比 4：6，是变形体产生的物质基础和主控因素之一。
- （2）变形体前缘临近李家大沟，前缘坡角陡，一般为 25~45°，临空面高，沟底到平台高差达 70~80m，为变形体创造了有利的临空条件，也是主控因素之一。
- （3）大气降水入渗到地下之后，其主要作用是降低滑移带土体的抗剪强度，增加土体的重量及动水压力。近几年，由于新县城的初建，地表、地下排水设施很不完善，大量生活污水和雨水都渗入结构松散的人工填土内，使土体含水量增高，抗剪强度降低，块石含量少的粉质粘土层成为软弱面。据勘察期间观测，变形体的变形强烈主要是在暴雨后发生，说明降雨入渗对变形体的影响较大，是变形体主要诱发因素。
- （4）人类工程活动：该变形体是近几年新县城发展过程中大量弃土堆积形成，随着城市

的扩展，变形体后缘基岩陡坎上高层建筑物增多，是影响变形体稳定性的不利因素。

2.13.2.3 滑坡成因机制分析

通过野外调查和收集相关资料综合分析,交通局、老干局、环卫局建房位置在未填土改造之前，原始地形为凹槽，地形坡角达 45°，从收集的工勘资料、填土以前的地形图及本次勘察结果分析，该区从交通局到环卫局填土深度由西向东变化较大，环卫所深度 16.5m，交通局深度 19.5m，老干部局深度达 50m，填土时间在 3~5 年，回填时未经分层碾压，竖井中填土松散且有架空现象，密实度低，目前仍处于自然湿陷期，交通局、环卫局门前阶梯出现裂缝主要是由于新近填土的自重固结沉降和少陵路上外力荷载作用引起的。

2.13.3 滑坡稳定性分析评价

2.13.3.1 滑坡变形动态分析

在天然状态（旱季）下，刘家包变形体处于基本稳定状态，但在暴雨时变形体欠稳定，主要是由于雨水渗入土体，使土体抗剪强度降低，连续暴雨情况下变形体将会进一步变形。

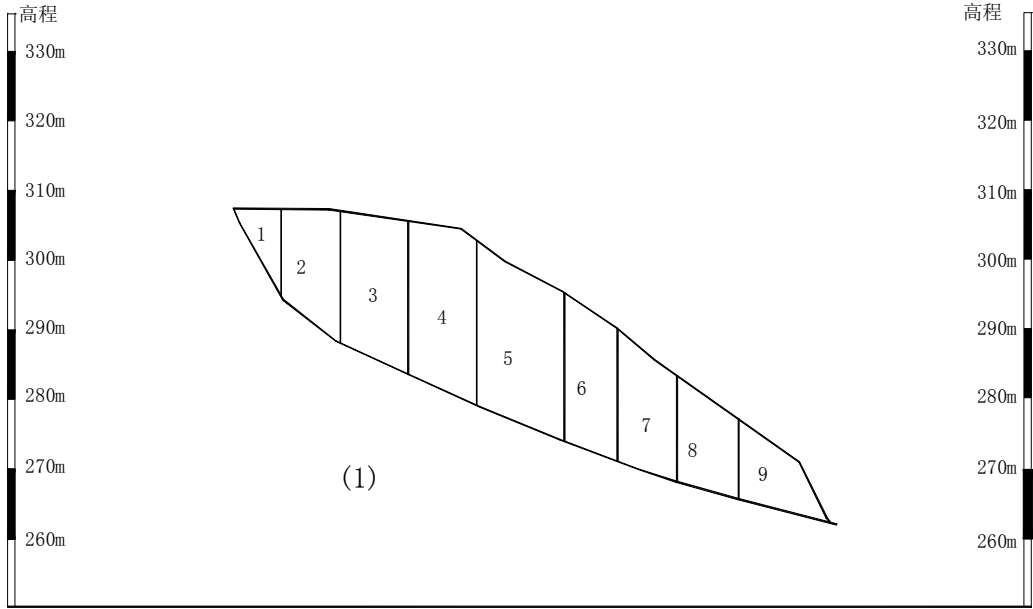
2.13.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

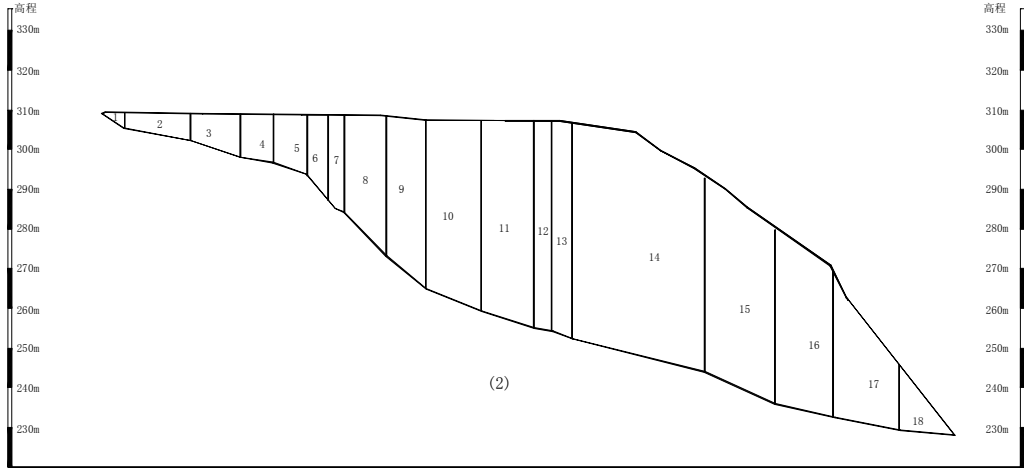
本次计算采用勘探纵剖面III-III’ 作为计算剖面。

（二）计算方法

本次采用《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2002）中规定的以极限平衡理论为依据的折线形滑面条分法和传递系数法来计算滑坡的稳定系数和剩余下滑力。作用于滑体各条块上的力包括条块重量、地下水浮托力、渗透水压力以及滑体表面的建筑荷载。



刘家包变形体Ⅲ-Ⅲ' 剖面（1 面）计算条分图



刘家包变形体Ⅲ-Ⅲ' 剖面（2 面）计算条分图

（三）计算工况

根据刘家包变形体的受力特征及其可能出现的各种荷载情况及其组合，计算中主要考虑降雨，本次选定不同的工况计算上述各剖面的稳定性及各滑块的剩余下滑力，具体方案如下：

工况Ⅰ：自重（现状旱季）；

工况Ⅱ：自重+持续暴雨。

（四）计算参数选取

1. C、φ值确定

a、试验资料统计分析

本次勘察共取原状土样 13 组进行室内试验；从试验成果资料来看，变形体不同部位土样抗剪强度参数指标并无明显差异（变异系数小于 0.4），其测定值表征了土体整体抗剪强度。由于刘家包变形体正处于蠕动变形阶段，土体抗剪强度指标值均取峰值强度指标值。

b、类比分析

距离刘家包变形体以北约 1 公里处的刘家湾滑坡与刘家包变形体极为相似，现已治理竣工且防治效果较好，其岩土抗剪强度指标参数有重要的参考价值，其它类似的滑坡还有 xx 城向家淌滑坡、白衣庵滑坡等。

c、抗剪强度指标值反算分析

根据刘家包变形体目前的变形情况(处于蠕动变形阶段),采用稳定系数 $F_s=1.01$ ，利用Ⅲ—Ⅲ、剖面(1)滑动面和Ⅳ—Ⅳ、剖面对该变形体进行反算分析，由于变形体内未形成连通的滑动面，其变形特征受降雨影响明显，在反算分析时，采用饱和状态下的 φ 值为 22°进行反算分析，确定变形体饱和状态下的 C 值为 25kPa 和 23kPa。

综合上述结果，最终确定刘家包变形体稳定性及推力计算所采用的抗剪强度参数值见表 3-13-2。

表 3-13-2 奉节部分滑坡滑带土抗剪强度参数值

项 目	滑坡名称	天然抗剪强度		饱和抗剪强度	
		$C(kPa)$	$\varphi (^{\circ})$	$C(kPa)$	$\varphi (^{\circ})$
类比分析值	刘家湾滑坡	30.5	19.3	28.3	16.1
	向家淌滑坡	32	20	29	18
	白衣庵滑坡	35	22	28	18.5
		32.5	20.4	28.4	17.5
试验值		49.4	25.9	32.3	22.4
反算分析值				25.0	22.0
计算采用 综合值	（残坡积层）	28.0	20.0	25.0	19.0
	（人工弃土）	24.0	22.0	20.0	21.0

2. 变形体重度的确定

根据勘察所取细粒土常规分析资料，结合变形体土的平均土石比确定计算时采用的变形体土重度值为：天然重度为 20.0kN/m³，饱和重度为 22.4kN/m³。

（五）计算结果

3-3 剖面（1）剩余下滑力计算表

工况	条块号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾角 (°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
----	-----	----------------	------------	-------------	--------------	-------------	----------	-----------------

工况	条块号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾角 (°)	内聚力 (kPa)	内摩擦 角(°)	安全 系数	剩余下滑力 (kN/m)
1	1	1171.426	15.580	60.211	24	22	1.15	560.092
	2	3194.335	11.480	38.777	24	22	1.15	1457.648
	3	4760.748	11.393	24.585	24	22	1.15	1524.082
	4	5547.802	11.669	24.720	24	22	1.15	1877.442
	5	6927.275	14.888	23.72	24	22	1.15	2149.508
	6	3782.722	8.612	20.245	24	22	1.15	1957.510
	7	3637.539	9.604	18.077	24	22	1.15	1596.550
	8	2974.033	10.072	16.438	24	22	1.15	1151.059
	9	2260.224	13.445	14.780	24	22	1.15	594.589
2	1	1171.426	15.580	60.211	20	21	1.15	634.145
	2	3194.335	11.480	38.777	20	21	1.15	1616.448
	3	4760.748	11.393	24.585	20	21	1.15	1803.153
	4	5547.802	11.669	24.720	20	21	1.15	2304.974
	5	6927.275	14.888	23.72	20	21	1.15	2762.199
	6	3782.722	8.612	20.245	20	21	1.15	2663.433
	7	3637.539	9.604	18.077	20	21	1.15	2401.346
	8	2974.033	10.072	16.438	20	21	1.15	2045.411
	9	2260.224	13.445	14.780	20	21	1.15	1577.151

3-3 剖面（2） 剩余下滑力计算表								
工况	条块号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾角 (°)	内聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)	安全系 数	剩余下滑力 (kN/m)
1	1	255.303	6.787	33.339	28	20	1.15	-106.305
	2	1883.062	17.381	10.374	28	20	1.15	-770.879
	3	2381.620	13.724	18.171	28	20	1.15	-353.772
	4	2069.939	8.870	10.195	28	20	1.15	-568.526
	5	2442.669	9.177	20.607	28	20	1.15	-100.456
	6	3080.230	11.403	47.524	28	20	1.15	1536.268
	7	1100.176	2.528	28.592	28	20	1.15	1454.866
	8	6642.715	15.576	46.561	28	20	1.15	4995.521
	9	8415.515	13.498	38.865	28	20	1.15	8016.952
	10	13340.625	15.497	22.179	28	20	1.15	7702.841
	11	14151.664	14.440	17.908	28	20	1.15	7171.295
	12	4793.135	4.481	7.759	28	20	1.15	5489.343
	13	6039.428	5.894	22.126	28	20	1.15	6228.068
	14	39251.102	36.504	13.869	28	20	1.15	1765.753

工况	条块号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾角 (°)	内聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)	安全系 数	剩余下滑力 (kN/m)
	15	16607.354	18.976	25.201	28	20	1.15	3989.096
	16	12784.830	15.627	14.187	28	20	1.15	2292.846
	17	9204.604	17.599	9.254	28	20	1.15	115.361
	18	2325.224	13.977	4.144	28	20	1.15	-931.046
2	1	255.303	6.787	33.339	25	19	1.15	-81.755
	2	1883.062	17.381	10.374	25	19	1.15	-682.352
	3	2381.620	13.724	18.171	25	19	1.15	-268.151
	4	2069.939	8.870	10.195	25	19	1.15	-501.898
	5	2442.669	9.177	20.607	25	19	1.15	-28.014
	6	3080.230	11.403	47.524	25	19	1.15	1611.333
	7	1100.176	2.528	28.592	25	19	1.15	1553.835
	8	6644.380	15.576	46.561	25	19	1.15	5229.578
	9	8497.126	13.498	38.865	25	19	1.15	8533.631
	10	13613.583	15.497	22.179	25	19	1.15	8870.956
	11	14450.022	14.440	17.908	25	19	1.15	9031.069
	12	4877.090	4.481	7.759	25	19	1.15	7406.672
	13	6154.253	5.894	22.126	25	19	1.15	8470.007
	14	40018.977	36.504	13.869	25	19	1.15	5790.567
	15	16921.574	18.976	25.201	25	19	1.15	9070.259
	16	13019.856	15.627	14.187	25	19	1.15	7603.360
	17	9333.250	17.599	9.254	25	19	1.15	5648.483
	18	2348.083	13.977	4.144	25	19	1.15	4522.123

2.13.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

表 3-13-3 滑坡稳定性系数计算成果表					
计算剖面		工况 I		工况 II	
		稳定系数	稳定状态	稳定系数	稳定状态
III－III’ 剖面	前段(1)	1.103	基本稳定	1.026	欠稳定
	整体(2)	1.175	稳定	1.033	欠稳定

备注：Fs>1.15 属稳定；1.15>Fs>1.05 属基本稳定；1.05>Fs>1.0 属欠稳定；Fs<1.0 属不稳定

从上表计算结果可以看出，在天然状态（旱季）下，III-III’剖面是稳定的，但在暴雨时变形体欠稳定，主要是由于雨水渗入土体，改变了土体物理力学性质，使土体抗剪强度降低，计算结果与变形体目前的变形特征（暴雨后变形）是基本一致的，因此在连续暴雨情况下刘家包变形体将会产生进一步变形破坏。

2.13.4 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.13.4.1 滑坡危害性分析

刘家包变形体地处 xx 政府办公楼东侧、李家大沟西侧、政通桥南侧，少陵路横穿变形体后部，变形体后缘为 xx 交通局、老干局、环境卫生所楼，高 6~8 层，是移民安置和市政建设工程重点项目，其中交通局和环境卫生所楼房 2002 年投入使用，同年雨季地面、墙壁和少陵路产生变形,即地面出现裂缝,楼房有裂纹,特别是楼房门面阶梯与地面填土裂缝宽达 3~6cm。勘察期间，正值雨季，该区变形日趋加剧，严重危及已建成的 20500 m²和正在兴建的 21000m²楼房和常住居民（约 1000 人）的生命财产,以及老年人门球场与少陵路的安全。

2.13.4.2 实物指标调查

据调查统计，变形体区内已建房屋约 20500m²，正在建设房屋约 21000m²，主要是居民和企业事业单位，其中少陵苑为休闲广场，地下室为商场，该区为常住、流动人口都较为集中的地方，区内常住人口达 1000 余人，各类资产达 2.0 亿元。

2.13.5 防治方案比较与建议

2.13.5.1 防治方案分述

①工程治理方案：根据滑坡的形态、结构特征及形成机制分析，考虑在各种工况条件下的稳定性，以及滑坡失稳以后的危害性，本着因地制宜，节省投资的原则，建议防治工程采用：抗滑桩+削坡+地表排水综合措施进行治理，具体方案如下：

1) 抗滑桩

针对变形体区回填以前的原始坡体形态，在少陵路外侧布设一排抗滑桩，桩与桩之间用挡板墙连接，桩径为 2.0m×3.0m，桩心距 6m，平均桩长 50m，共 23 根。由于桩前滑面较陡，为保证桩的稳定，建议采用锚索桩结构，估算工程治理费用为 940 万元。

2) 削坡

根据目前变形体斜坡形态，从少陵路外侧开始分五级削坡，每级坡高 8m，平台宽度为 8m，坡比为 1：1.5，坡面采用格构护坡，并种草绿化，估算削坡方量为 22.7 万 m³，估算工程治理费用为 500 万元。

3) 地表排水

变形体后缘为建筑物密集分布区，地表排水系统和生活污水排水系统汇集后，从变形体中后部少陵路边穿过变形体，由于排水系统经常受到破坏，致使大量地表水注入变形体内，因此，在变形体后缘少陵路附近利用原有排水系统，修建一条排水沟，防止地表水渗入变形体内，估

算工程费用为 10 万元。

②搬迁避让

刘家包变形体地处 xx 政府办公楼东侧、李家大沟西侧、政通桥南侧，少陵路横穿变形体后部，变形体后缘为 xx 交通局、老干局、环境卫生所楼，高 6~8 层，是移民安置和市政建设工程重点项目，目前区内道路、房屋及其它基础建设设施已基本建成，估算各类财产共计约 1.6 亿，搬迁避让费用和损失在 2.0 亿元以上。

③监测预警

布置地表位移监测点 4 个，深部位移监测点 2 个，监测时间为每 15~30 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 400 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的费用为 4.8 万元。

2.13.5.2 防治方案比较与推荐意见

奉节新县城土地短缺，用地紧张，搬迁避让难度较大，其费用和损失在 2.0 亿元以上，耗资巨大。据估算工程治理滑坡费用不超过 1500 万元，治理费用远少于损失，社会效益、经济效益和环境效益显著，建议对刘家包变形体采取工程治理防治方案。监测预警能减少灾害的损失，但不能防止灾害的发生，建议结合工程治理防治方案进行布置和监测，作为设计、反馈设计、指导施工和防治效果的依据。

2.13.5.3 规划建议

刘家包滑坡目前正处于蠕滑变形阶段，在滑坡体上及周边地区的任何建设活动均应科学合理，因此建议：

- （1）刘家包变形体的变形主要受降雨影响，目前有进一步变形迹象，变形体上人口多，建筑密集，应尽快开展治理工程。
- （2）在治理工程实施以前，应严格控制在变形体上进行工程建设活动。
- （3）建议尽快完善变形体的监测预警系统，确保治理前变形体区人民群众的生命财产的安全。

2.14 陈家包滑坡

2.14.1 陈家包滑坡地质特征

2.14.1.1 滑坡空间形态

陈家包滑坡为老滑坡，其外貌变形特征不明显，滑坡后缘及两侧变形迹象不明显。滑坡周界主要根据地形地貌、滑面特征、地层岩性及分布状况综合分析推测而定。

陈家包滑坡后缘边界位于奉师体育场中部，高程 296.80m 左右，滑坡东侧以冲沟为界，西侧边界以基岩出露状况及地形地貌综合分析而定，奉师以下至高程 280m 段地形坡角在 12° 左右，滨江路内侧至高程 280m 为陡斜坡，坡角 30° 左右，前缘剪出口位于滨江路内侧边坡土岩分界面，分布高程 184~195m。滑坡平面形态呈扇形，长 260~330m，后缘宽 200m，中部宽 300~400m，前缘宽 450m，面积约 9×10⁴m²，体积约 200×10⁴m³。

2.14.1.2 滑坡物质组成及结构特征

- (1) 滑体
- 据地面调查和探井、钻探资料表明，陈家包滑坡是沿土岩接触面滑动的土质滑坡。滑体厚度 20~40m 不等。滑体土的结构和分布特征如下：
- ①人工填土：主要分布在滑体表层，厚度 0~6.9m，组成以灰黄色、灰褐色粉质粘土为主，夹灰岩、泥灰岩碎块石，土石比：6:4~8:2。
- ②块碎石土：为滑体的主要组成物，厚度 14.4~33.6m，粉质粘土呈可塑—硬塑状，块碎石岩性为灰岩、泥灰岩碎块石，块径大小不均，一般为 0.05~1m，土石比：2:8~3:7。滑体土物理力学性质见表 3-14-1.2-1。

表 3-14-1. 2-2		滑坡勘察探井（孔）滑面（带）特征一览表			
勘察点编号	滑动面（带）			滑带土厚度（m）	滑动面（面）特征描述
	埋藏深度（m）	高程（m）	倾角（°）		
ZK6	21.30	275.54	35		滑带土为灰色、黄褐色粘性土。滑面呈褐黑色，倾角 35°，具蜡质光泽和擦痕。
SJ2	4.30	234.32	23	0.10	滑带土为黄色粘性土夹灰岩、泥灰岩角砾，土呈可塑状，角砾砾径为 2~5cm，具搓揉磨光现象，厚 0.10m。滑面呈褐黑色，镜面平整光滑，擦痕明显，产状 203∠23°。
SJ3	2.84	208.48	5	0.25	滑带土为黄色、黄褐色粘性土夹灰岩、泥灰岩角砾，具搓揉磨光现象，土呈可塑状，厚 0.25m。滑面呈黄褐色，镜面光滑，擦痕方向 179°，受碎块石影响，滑面凹凸不平，产状 201∠5°。
DJ2	4.85	207.95	5	0.20	滑带土为黄色、黄褐色粘性土夹灰岩、泥灰岩角砾，具搓揉磨光现象，土呈可塑状，厚 0.20m。滑面呈灰褐色，倾角 5°，镜面较平整光滑，擦痕明显，产状 180∠5°。

- (2) 滑带

据探井和钻孔资料显示，滑坡体底部滑动带（面）位于土岩接触带，滑面倾角 5~35°，滑面光滑，擦痕清晰（见照片），滑带土呈黄色、黄褐色，为粘性土夹灰岩、泥灰岩角砾，土呈可塑状，角砾砾径为 2~5cm，具搓揉磨光现象。揭示的滑面特征见表 3-14-1.2-2。

SJ3 滑面（深度 4. 50m）	SJ3 滑面（深度 4. 50m）
SJ2 滑面（深度 21. 45m）	SJ2 滑面（深度 21. 45m）

- (3) 滑床
- 陈家包滑坡的滑床是由三叠系中统巴东组第三段泥灰岩、灰岩夹薄层泥岩组成，裂隙较发育，岩体较破碎。根据此次勘察，滑床纵向上向长江倾斜，中后部倾角 17~35°左右，前缘倾角 4~9°，近似于折线型。

2.14.1.3 滑坡水文地质

- (1) 地表水系：滑坡区主要发育三条冲沟，分别分布于滑坡两侧及中部，由北向南流入长江，横断面呈“V”形，切割深度 5~15m，纵坡 15~32%，为降水及生活废水的主要排泄通道，具季节性流水。
- (2) 地下水特征：勘探资料表明，区内地下水主要为碳酸岩岩溶裂隙水，赋存于 T_{2b}³ 灰岩、泥灰岩中，水位埋深大，达 71.50m（ZK6），位于滑带之下，滑体内未见地下水。据 ZK6 简易抽水试验，单孔涌水量 0.426L/s。在滑坡外围近东侧壁处，崩坡积块碎石土中见一下降泉出露，流量 0.321L/s（2003. 5. 15）。

2.14.1.4 滑带土物理力学性质

本次勘察在探井和钻孔中采取滑带土样 6 组，其物理力学性质见表 3-14-1。野外大剪试验值：C 值为 26.9kPa，φ值为 15.7°。

2.14.2 滑坡形成机制

2.14.2.1 滑坡变形特征及发育史

区内新构造运动主要表现为间歇性抬升，挽近时期褶皱断裂发育。地壳向上抬升时，长江强烈下切，形成高陡的河谷岸坡，新构造运动作间歇停顿时，长江由下切转为侧向侵蚀，加之褶皱断裂发育，岩体完整性差，使高陡岸坡发生崩塌，崩塌物堆积于河谷岸坡上，新构造运动继续抬升，长江又下切，形成了高程 190m 以下的基岩陡坡（主要由巴东组第二段泥岩、粉砂

岩组成)，原先堆积于较陡岸坡，190m 高程以上的崩坡积物在暴雨的影响下，失去平衡发生滑移，沿高程 190m 左右的基岩面剪出，形成了陈家包老滑坡。滑坡自形成后处于基本稳定状态，地表变形特征不明显。

2.14.2.2 滑坡影响因素分析评价

陈家包滑坡的形成和发展变化是受多种因素控制的，主要有以下几方面。

①物质组成：陈家包一带堆积了大量的崩坡积松散物质，土层厚度 20~35m，为陈家包滑坡的形成提供了充足的物质来源。

②滑体物质结构：滑坡土层与基岩接触带力学性质较差，基岩面中后部倾角较陡，一般大于 20°，大于土体内摩擦角，为滑坡的形成创造了内因。

③地形地貌：滑坡区位于长江北岸斜坡上，该斜坡为顺向坡，地势北高南低，斜坡坡角较大，前缘一带受长江切割，形成高陡临空面。

④气象水文：奉节地区降雨充沛，集中在 5~9 月，其间多高强度的暴雨，最大日降雨量 106.7mm（1979 年 7 月），雨水入渗使滑体饱和，在孔隙水压力作用下，坡体稳定性变差。暴雨对滑坡的形成起着重要的作用。

滑坡体上分布有三条冲沟，斜坡上部大量的地表水流经滑坡体，注入长江，受地表水的冲刷切割，形成切割深 5~10m 的沟槽，大量的地表水渗入到滑体内，使土体部分饱水，滑带土软化，降低抗滑强度，对滑坡的形成起着积极的推动作用。

表 3-14-1. 2-1		xx 陈家包滑坡滑体土物理力学性质统计表														
样品 编号	取样深度(m)	天 然 含水量	天然 密度	饱和 密度	比重	孔隙比	液限	塑限	塑性指数	液性指数	压缩系数	压缩模量	天然峰值		饱和峰值	
													凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角
ZK9-1	8.2~8.6	24.5	1.95	1.98	2.74	0.749	38.0	21.0	17.0	0.21	0.36	4.90	54.1	15.3	8.4	14.1
DJ2-1	3.1~3.3	23.9	1.96	1.99	2.73	0.726	38.0	21.3	16.7	0.16	0.38	4.48	57.1	19.5	27.8	10.4
SJ2-1	7.4~7.6	21.5	1.86	1.96	2.74	0.790	28.0	17.7	10.3	0.37	0.21	8.72	44.0	20.2	11.3	16.7
DJ1	3.8~4.1	16.9	1.96	2.05	2.73	0.628	32.4	19.6	12.8	-0.21	0.18	8.89	37.1	19.8	25.9	10.9
ZK1	2.1~2.5	20.6	1.92	1.99	2.74	0.721	37.5	22.0	15.5	-0.09	0.31	5.51	39.4	20.3	11.5	15.9
ZK3	1.8~2.2	21.7	1.93	1.99	2.73	0.721	39.5	20.4	19.1	0.07	0.20	8.77	46.8	20.1	17.9	15.7
ZK7	11.3~12.0	24.3	1.96	1.98	2.73	0.731	41.0	21.2	19.8	0.16	0.33	5.28	48.3	18.8	27.4	12.4
统计数目		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
平均值		21.91	1.93	1.99	2.73	0.72	36.34	20.46	15.89	0.10	0.28	6.65	46.69	19.14	18.60	13.73
标准差		2.690	0.036	0.028	0.005	0.049	4.539	1.430	3.377	0.194	0.083	2.031	7.283	1.771	8.402	2.530
变异系数		0.123	0.019	0.014	0.002	0.067	0.125	0.070	0.213	2.024	0.294	0.305	0.156	0.093	0.452	0.184
修正系数		1.091	1.014	1.010	1.001	1.050	0.908	0.948	0.843	2.497	1.217	0.774	0.885	0.932	0.666	0.864
标准值		23.90	1.96	2.01	2.74	0.760	32.99	19.40	13.39	0.24	0.34	5.15	41.30	17.83	12.39	11.86

表 3-14-1. 2-3						xx 陈家包滑坡滑带土物理力学性质统计表														
样品编号	取样深度 (m)	天 然 含水量	天然 密度	饱和 密度	比重		液限	塑限	塑性指数	液性指数	压缩系数	压缩模量	天然峰值		天然残值		饱和峰值		饱和残值	
						孔隙比							凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角
ZK9-2	18.0~18.5	25.4	1.86	1.92	2.73	0.841	37.8	21.5	16.3	0.24	0.52	3.52	62.9	12.7	50.8	11.5	16.3	9.8	8.7	8.6
DJ2-2	4.3~4.5	23.0	1.86	1.94	2.73	0.805	34.0	18.5	15.5	0.29	0.39	4.64	38.7	19.6	28.1	18.2	20.7	13.3	14.7	11.3
DJ2-3	4.6~4.9	24.1	1.88	1.95	2.74	0.809	40.0	21.0	19.0	0.16	0.27	6.77	40.2	19.6	32.8	16.2	22.4	10.0	14.9	7.5
SJ2-2	21.2~21.4	22.0	1.94	2.00	2.75	0.729	39.0	19.5	19.5	0.13	0.34	5.08	57.2	19.1	42.0	17.0	20.7	13.3	15.5	11.3
SJ3-1	4.2~4.4	21.9	1.94	1.99	2.74	0.723	32.8	19.9	12.9	0.16	0.28	6.07	35.6	20.8	25.9	18.9	21.7	9.1	16.1	6.9
SJ3-2	4.3~4.5	23.6	1.94	1.98	2.73	0.739	35.5	20.0	15.5	0.23	0.37	4.66	40.3	21.1	25.9	18.9	23.4	11.4	17.7	8.1
统计数目		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
平均值		23.33	1.90	1.96	2.74	0.77	36.52	20.07	16.45	0.20	0.36	5.12	45.82	18.82	34.25	16.78	20.87	11.15	14.60	8.95
标准差		1.332	0.041	0.031	0.008	0.050	2.868	1.071	2.459	0.061	0.091	1.151	11.300	3.094	10.132	2.802	2.465	1.825	3.085	1.908
变异系数		0.057	0.021	0.016	0.003	0.065	0.079	0.053	0.149	0.303	0.252	0.225	0.247	0.164	0.296	0.167	0.118	0.164	0.211	0.213
修正系数		1.047	1.018	1.013	1.002	1.053	0.935	0.956	0.877	1.250	1.208	0.814	0.796	0.864	0.756	0.862	0.902	0.865	0.826	0.824
标准值		24.43	1.94	1.99	2.74	0.816	34.15	19.18	14.42	0.25	0.44	4.17	36.49	16.26	25.88	14.47	18.83	9.64	12.05	7.38

2.14.2.3 滑坡成因机制分析

大量崩塌松散物质堆积于长江北岸斜坡上，下伏基岩面倾角较陡，前缘一带受长江切割，形成高陡临空面，在长时间高强度的大暴雨影响下，大量雨水入渗使滑体饱和，滑带土软化，抗滑强度降低，崩坡积物在自重作用下失去平衡，向前缘高陡临空面发生滑移，沿高程 190m 左右的基岩面剪出，形成了滑坡。

2.14.3 滑坡稳定性分析评价

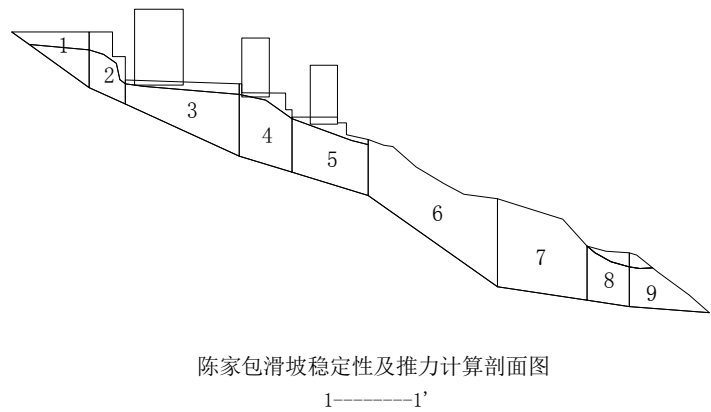
2.14.3.1 滑坡变形动态分析

陈家包滑坡为一老滑坡，自形成后处于基本稳定状态，地表变形特征不明显。因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载（修建移民统建房和奉节师范学校），前缘开挖（城区主干道鱼腹路），破坏了滑坡区地质环境，恶化了陈家包滑坡的稳定性。

2.14.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

本次计算采用勘探纵剖面 1-1' 作为计算剖面。



（二）计算方法

滑坡滑动面近似折线型，采用传递系数法计算，按照《重庆市 xx 滑坡危岩勘查规定》（试行）推荐公式对滑坡的稳定性及推力进行计算。

稳定性验算公式、滑坡剩余下滑推力计算公式详见港航砖厂滑坡一节。

（三）计算工况

工况一：自重+地表荷载+动荷载+5 年一遇暴雨

工况二：自重+地表荷载+动荷载+50 年一遇暴雨

工况三：自重+地表荷载+动荷载+地震+5 年一遇暴雨

滑体上覆建筑物荷载按 10kN/层·m 考虑。

由于滑体厚度较大，且滑体内无地下水，暴雨不能使整个滑体饱水，大气降水入渗深度根据渗流速度和入渗时间确定，而渗流速度等于渗透系数乘与水力坡度之积，由于大气降水为垂直入渗，水力坡度为 1，渗流速度等于渗透系数，根据钻孔注水实验，渗透系数为 0.4m/d。入渗时间：5 年一遇暴雨为连续降雨 15 天，50 年一遇暴雨为连续降雨 20 天。经计算，5 年一遇暴雨大气降水入渗深度为 6m，50 年一遇暴雨大气降水入渗深度为 8m。

2.14.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

按照上述计算方案对滑坡的稳定性进行了计算，详见“滑坡稳定性计算表”。计算结果：陈家包滑坡在遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.025，处于欠稳定状态；在遭遇 50 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.02，处于欠稳定状态；在遭遇 5 年一遇暴雨+地震时稳定性系数为 1.011，处于欠稳定状态。

据现场调查，陈家包滑坡近期未发生变形破坏，整体处于基本稳定状态，但因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载，前缘开挖，恶化了陈家包滑坡的稳定性，在遭遇长时间高强度的大暴雨时，陈家包滑坡可能复活。

2.14.4 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.14.4.1 滑坡危害性分析

陈家包滑坡位于奉节新县城鱼腹开发区，滑坡体上分布有奉节师范学校、移民统建房及众多民房，人口密集，滑坡失稳将造成极大危害，主要有以下几个方面：

（1）对人民生命财产的危害：滑坡区中后缘建筑物密布，居民众多，常住人口数千人，滑坡失稳将造成巨大的人员伤亡及财产损失。

（2）对企事业单位的危害：滑坡失稳将对区内的奉节师范学校、移民统建房及众多民房造成破坏，对生产、生活、教学等造成极大影响，其损失巨大。

（3）对交通运输的危害：滑体失稳下滑造成区内交通中断，城区主干道鱼腹路也将被毁瘫痪。

（4）对城市规划开发建设的危害：滑坡影响到城市功能恢复的规划。滑坡失稳将造成移民区的土地破坏，开发建设用地更加紧张，影响经济发展和建设。

2.14.4.2 实物指标调查

（1）移民统建房 15 幢，建筑面积 43600m²，居民 503 户 1760 人；

（2）奉节师范学校占地 38650m²，建房 10 幢，建筑面积 21403m²，学校师生及校职工家属近千人；

（3）农民 50 户 200 人；

（4）城区主干道鱼腹路（属渝巴路的一段）由滑坡前缘通过，影响路段长约 700m，包括投资 500 万元的长 150m 新桥沟桥梁。

2.14.5 防治方案比较与建议

2.14.5.1 防治方案分述

- （1）工程治理
- 支挡：滑坡滑体的厚度大，推力大，支挡部位宜设在斜坡中下部，地面高程 210~230m 一带，长度约 480m。采用抗滑桩支挡，桩径 2.0×3.0m，桩心距 8m，嵌岩深度 8~10m，平均桩长 30m，共 60 根，需钢筋砼 10800m³，按 1400 元/m³ 综合计价，费用为 1512 万元；连系梁钢筋砼 1000m³，费用为 140 万元。支挡工程费用为 1652 万元。
- 排水：滑坡中现有纵横的明、暗排水沟均应进行浆砌、补漏防渗，费用约为 3 万元。另需在滑坡区及周围修建排水沟约 1200m，按 100 元/m 综合计价，费用为 12 万元。排水工程费用为 15 万元。

工程治理总费用为 1667 万元。

- （2）搬迁避让
- 陈家包滑坡威胁到常住人口约 3 千人，奉节师范学校、移民统建房、民房及城区公共交通设施等，共计财产约 1.8 亿，搬迁避让费用和损失在 3 亿元以上。

- （3）监测预警
- 布置地表位移监测点 6 个，深部位移监测点 3 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 650 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的监测费用为 7.8 万元。

2.14.5.2 防治方案比较与推荐意见

奉节新县城土地短缺，用地紧张，搬迁避让难度较大，其费用和损失在 3 亿元以上，耗资巨大。据估算工程治理滑坡费用不超过 2 千万，治理费用远少于损失，社会效益、经济效益和环境效益显著，建议对陈家包滑坡采取工程治理防治方案。监测预警能减少灾害的损失，但不能防止灾害的发生，建议结合工程治理防治方案进行布置和监测，作为设计、反馈设计、指导施工和防治效果的依据。

2.14.5.3 规划建议

- （1）陈家包滑坡面积约 9×10⁴m²，体积约 200×10⁴m³。因近几年移民工程施工，对该滑坡后缘加载，前缘开挖，恶化了陈家包滑坡的稳定性，在遭遇长时间高强度的大暴雨时，陈家包滑坡可能复活。
- （2）陈家包滑坡危及人口约 3 千人，财产约 1.8 亿。

- （3）建议对陈家包滑坡采取工程治理防治方案，治理总费用估算为 1700 万元。
- （4）治理工程应结合城市规划建设加强方案论证，达到技术安全、经济合理、提高地质环境质量、促进经济发展的目的。
- （5）滑坡区严禁加载，新建建筑应事先作好场地勘察，基础置于稳定的基岩内。
- （6）加强对滑坡的动态监测，确保其治理效果。
- （7）陈家包滑坡近期未发生变形破坏，在监测预警的基础上可纳入中期规划治理。

2.15 水田坝滑坡

2.15.1 水田坝滑坡地质特征

2.15.1.1 滑坡空间形态

水田坝滑坡位于长江支流梅溪河左岸金盆小区前缘斜坡地带，北起沙坪子太山庙，南至窑滩，东起沿江大道西抵梅溪河漫滩，水田坝滑坡纵向长 180~330m，横向宽 160~280m，前缘最低点高程 100.00m，后缘最高点高程 210.00m，滑体厚 2.60~25.6m，平面分布面积 5.6×10⁴m²，总体积约 84×10⁴m³。主滑方向 240°。

滑坡体虽遭受后期风化剥蚀和人为改造，但是外形轮廓尚较清楚，具有比较明显的“圈椅”地形。滑坡的南东侧壁较清晰，走向 45°左右，长约 165m，在地形上表现为山脊，基岩出露，滑坡残体与基岩直接接触；滑坡的北西侧壁走向 70°，长约 280m，近剪出口段边界清楚，沿冲沟展布，中厚段边界由于受人工改造，边界模糊；滑坡的后壁由于受近期人类工程活动的影响，边界条件模糊；滑坡剪出口位于高程 126.00m 左右，滑坡残体覆盖于冲洪积层之上。

2.15.1.2 滑坡物质组成及结构特征

- （1）滑体
- 据勘探揭露，滑体的物质成分主要为碎块石土及卵砾石土。结构稍密~中密，碎石、块石的主要成分为灰岩、泥灰岩，一般呈棱角状，碎石大小一般 10~20cm，块石大小一般 0.5~1.2m，卵砾石的成分以石英砂岩为主，磨圆度较好，直径一般在 10~30cm，最大可达 1.10m，碎块石及卵砾石的含量为 40~60%。土为粉质粘土，黄褐色，含砂质重，刀切面较光滑，呈软塑~可塑状，据探井揭示，滑体厚 2.10~25.60m，自上而下可分为两层，表层为卵砾石夹粉质粘土，结构中密，厚 1.35~17.90m，下层为碎块石夹粉质粘土，结构中密，厚 5.80~7.40m。

- （2）滑带
- 据勘探揭露，水田坝滑坡的滑带土厚 0.01~0.60m（表 3-15-1），呈软塑~可塑状，普遍具有挤压搓柔现象，由粉质粘土夹泥灰岩小碎颗粒组成，碎颗粒含量 5~10%，粒径

0.2~1.5cm, 其磨圆度较好, 表面光滑, 无粘着物。

据 QJ2、QJ5 号探井揭露的滑带土中具镜面（照片 3.15、照片 3.15.4），滑面位置及特征详见表 3-15-3-2。

表 3-15-1 水田坝滑坡滑带土厚统计表

位置	深度 (m)	厚度 (m)
QJ2	17.30	0.60
QJ4	12.20	0.01~0.05
QJ5	2.10	0.10~0.15

表 3-15-3-2 水田坝滑坡滑面统计表

探井编号	位置	深度(m)	高程 (m)	滑面特征	滑面岩性
QJ2	滑坡中部	17.30	161.39	具镜面, 擦痕清晰, 产状 240°∠25°	粉质粘土夹碎石
QJ5	滑坡前部	2.10	137.28	具镜面, 擦痕清晰, 产状 240°∠15°	粉质粘土

照片 3.15.1

照片 3.15.2

水田坝滑坡滑体岩性

照片 3.15.3 QJ2 号探井滑面 (17.30m)

照片 3.15.4 QJ5 号探井滑面 (2.10m)

(3) 滑床

根据勘探剖面,滑床埋深 2.60~25.60m,呈躺椅状,中后部倾角约 25°,中前部倾角 4~15°,滑床的岩性以三叠系中统巴东组的泥灰岩为主,岩层产状 330°/23°。

2.15.1.3 滑坡水文地质

据地面调查,勘察区内地层具松散土层与下伏基岩的双层结构,地下水按其赋存特征及物理性质可分为基岩裂隙水和松散岩类孔隙水两类。

基岩裂隙水主要赋存于泥质灰岩表层网状风化裂隙中,泥质灰岩裂隙虽发育,但其厚度变化大,天然露头面积小,地下水补给来源有限,地下水迳流强烈,水量贫乏。从钻孔观测,基岩裂隙基本不含水。

区内松散岩类孔隙水的含水层主要是残坡积层、滑坡堆积层，为粉质粘土夹碎块石。滑体物质均一性较差，与下伏基岩地下水水力联系弱，自成补、迳、排系统，但由于土体中物质含量存在差异，从而造成滑体透水性具有一定差异，在沟谷附近，常在局部形成上层滞水。

地下水主要接受大气降雨补给，部分降雨顺坡面迳流排泄，少部分入渗土体沿岩土界面迳流，向斜坡低洼处、滑坡前缘剪出口和槽沟处排泄。

据本次针对滑坡施工的钻孔、探井资料及地面调查，区内第四系土层和基岩内地下水不发育，第四系土层中基本无地下水。据对钻孔终孔 24 小时后观测水位得知，钻孔及探井中均无地下水。试坑渗水试验资料：松散土层（粉质粘土夹碎块石）孔隙水渗透系数 K 在 0.4m/d 。

2.15.1.4 滑帶土物理力学性质

针对滑坡滑带土进行的土体颗粒分析试验成果（表 3-15-3）可知： $<0.005\text{mm}$ 粒径的占总含量的 54.56%，定名为粉质粘土。

表 3-15-3 xx 水田坝滑坡颗粒分析试验成果统计表

取 样 编 号	砂 粒 (%)			粉粒 (%)	粘粒 (%)
	粗	中	细		
	2~0.5mm	0.5~0.25mm	0.25~0.075mm		
TQJ2	1.2	4.9	15.9	18.2	59.8
TQJ4	1.3	5.3	16.2	20.4	56.8
TQJ5		0.6	3.8	39.7	55.9
TTC1		0.5	4.4	44.8	50.3
TTC2		0.6	3.4	41.9	54.1
TTC3		0.4	4.3	44.8	50.5
统计数	2	6	6	6	6
平均值	1.250	2.050	8.000	34.967	54.567

据滑带土物理力学试验成果统计表（表 3-15-4）：天然重度 2.03kN/m^3 ，饱和重度 20.4kN/m^3 ，天然含水量 23.4%，孔隙比 0.78，饱和度 93.81%，液性指数 0.14，塑性指数 15.39，滑带土天然峰值抗剪强度标准值 $C=64.38\text{kPa}$ ， $\varphi=18.48^\circ$ ，天然残余抗剪强度标准值 $C=43.64\text{kPa}$ ， $\varphi=15.8^\circ$ ；饱和峰值抗剪强度标准值 $C=24.02\text{kPa}$ ， $\varphi=14.75^\circ$ ，饱和残余抗剪强度标准值 $C=17.18\text{kPa}$ ， $\varphi=10.19^\circ$ 。

2.15.2 滑坡形成机制

2.15.2.1 滑坡变形特征及发育史

(1) 滑坡变形形迹的空间分布与特征

水田坝滑坡近期变形特征主要表现在滑体上的居民地坪拉裂，其拉裂缝的走向与滑坡的主滑方向近于垂直，为 153° ，延伸长 $2.5\sim 48.0\text{m}$ ，张开 $0.1\sim 23.0\text{cm}$ ，错距 $0.5\sim 30.0\text{cm}$ （表 3-15-5）。目前，由于受 xx 库水位 135m 的影响（水田坝滑坡的水位 $134.7\sim 136.3\text{m}$ ），拉裂缝略有扩张，但变形量不大。拉裂缝的出现说明水田坝滑坡目前仍在变形活动，在不利因

素触发下可能失稳下滑。

（2）变形迹象的时间规律

在时间空间上，变形时间主要集中在降雨期间，尤其是连续降雨或暴(大)雨后，据访问：在降雨期间，尤其是连续降雨或暴(大)雨期间，滑坡区内土体开始出现弱拉裂变形，停雨之后，在滑坡区内拉裂变形加剧，土体蠕滑拉裂造成其上房屋拉裂变形。而在连晴期间基本无明显活动性。

2.15.2.2 滑坡影响因素分析评价

根据地面调查及勘探揭露情况分析, 勘察区内滑坡形成与其所处的地质环境密切相关。

（1）内部影响因素

①地层岩性

表 3-15-4

取 样 编 号	天 然 含水量 %	天 然 密 度 g/cm ³	比 重 Gs g/cm ³	饱和 密度 g/cm ³	饱和 含水量 %	孔隙 比	孔隙 度 %	饱和 度 %	液限 wL %	塑限 wp %	塑性 指数 I _p	液性 指数 I _L	天然快剪峰值		天然快剪残余值		饱和快剪峰值		饱和快剪残余值	
													凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角	凝聚力	内摩擦角
													C (kPa)	Φ (°)	C (kPa)	Φ (°)	C (kPa)	Φ (°)	C (kPa)	Φ (°)
TQJ2	21.0	2.07	2.76	2.08	21.6	0.613	38.0	94.5	33.8	18.7	15.1	0.15	76.9	19.2	49.5	17.6	29.2	17.8	21.9	13.1
TQJ4	22.8	2.03	2.76	2.04	23.4	0.670	40.1	94.0	34.5	18.8	15.7	0.25	69.6	18.4	43.1	16.8	24.3	16.7	17.0	11.4
TQJ5	23.5	1.97	2.74	2.00	25.4	0.718	41.8	89.7	40.0	25.1	14.9	(0.11)	75.9	18.4	47.1	16.9	23.5	16.9	17.8	10.9
TTC1	21.6	1.86	2.75	1.96	28.1	0.798	44.4	74.5	37.0	22.3	14.7	(0.05)	64.5	20.0	48.4	17.7	33.1	13.4	25.8	9.5
TTC2	24.0	1.97	2.76	2.00	25.9	0.737	42.4	89.8	41.0	25.7	15.3	(0.11)	67.2	19.7	41.4	17.1	25.9	18.0	17.8	12.4
TTC3	21.6	1.85	2.74	1.95	28.2	0.801	44.5	73.9	36.6	22.2	14.4	(0.04)	62.1	18.6	51.6	14.5	25.9	14.7	19.4	10.4
统计数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
平均值	22.417	1.958	2.752	2.005	25.433	0.723	41.867	86.067	37.150	22.133	15.017	0.015	69.367	19.050	46.850	16.767	26.983	16.250	19.950	11.283
标准差	1.197	0.089	0.010	0.049	2.601	0.073	2.518	9.413	2.881	2.982	0.458	0.150	6.011	0.692	3.894	1.169	3.578	1.823	3.355	1.317
变异系数	0.053	0.045	0.004	0.024	0.102	0.101	0.060	0.109	0.078	0.135	0.030	9.976	0.087	0.036	0.083	0.070	0.133	0.112	0.168	0.117
修正系数	1.04	1.04	1.00	1.02	1.08	1.08	1.05	1.09	1.06	1.11	1.02	9.24	0.93	0.97	0.93	0.94	0.89	0.91	0.86	0.90
标准值	23.40	2.03	2.76	2.04	27.57	0.78	43.94	93.81	39.54	24.60	15.39	0.14	64.38	18.48	43.64	15.80	24.02	14.75	17.18	10.19

xx 水田坝滑坡滑带土物理力学试验成果统计表

③	滑 坡 中 部 居 民 地 坪	裂缝走向 146°，延伸长 14.0m，张开 0.1~1.0cm，可见深 4cm，错距 0.6cm。	据访，雨后裂缝略有扩张迹象。
④	滑坡南西侧壁后缘	裂缝走向 172°，延伸长 48m，张开 1.20~23.0cm，可见深 30cm，错距 30cm。	据访，雨后裂缝略有扩张迹象。
⑤	滑坡南西侧居民地坪	裂缝走向 174°，延伸长 8m，张开 1.0~1.50cm，可见深 7cm，错距 1.2cm。	据访，雨后裂缝略有扩张迹象。

（2）诱发因素

滑坡的诱发因素主要是降雨的影响，区内降雨丰富，降雨时空分布不均，暴雨多集中在

表 3-15-5 水田坝滑坡地面变形破裂调查统计表			
裂缝编号	位置	裂缝特征	近期变形迹象
①	滑坡中后缘北西侧居民地坪	裂缝走向 156°，延伸长 2.50m，张开 0.1~1.50cm，可见深 5cm，错距 0.5~0.8cm。	据访，雨后裂缝略有扩张迹象。
②	滑坡中部居民地坪	裂缝走向 153°，延伸长 18m，张开 0.1~1.0cm，可见深 6cm，错距 0.5~1.0cm。	据访，雨后裂缝略有扩张迹象。

5~10 月, 多年均降雨量 1145.4mm, 年最大降雨量 1417.2 mm, 日降雨量最大 191.5mm (1998 年 6 月)。降雨过程中, 地表水入渗土体增大了滑坡体重量, 同时降低了滑动面的抗剪强度,

增大了下滑力。滑坡区在连续降雨其间变形则说明降雨的影响是其主要的诱发因素。

综上所述, 隆家湾滑坡的形成是在已有的地质环境条件下, 在降雨的诱发下形成的。

照片 3-15-5 滑坡中部拉裂缝③

照片 3-15-6 滑坡拉裂缝④

2.15.2.3 滑坡成因机制分析

据地面地质测绘及控勘阶段的勘查资料, 水田坝滑坡的物质具有明显的成层性, 其物质来源于第四系更新统的泥石流堆积物。在第四系更新统时代, 水田坝滑坡后缘 1.2km 处, 顶端高程 475.00m 的崖湾及高程 575.00~600.00m 的田家花园一带出露三叠系上统须家河组的地层, 由于风化、剥蚀及崩塌, 在斜坡上堆积了大量的崩积、坡积及残积物, 堆积物结构松散, 成分以长石砂岩、硅质砾岩及粉质粘土为主, 在遇高强度暴雨或在连续降雨时, 发生坡面洪流, 洪水携带大量松散堆积体顺坡而下, 形成坡面泥石流, 泥石流在斜坡的前缘老屋里至石板沟一带堆积, 堆积体前缘高程 160.00~165.00m。

泥石流堆积体呈多元结构, 其下部为卵砾石夹粉质粘土, 土石比为 6: 4~7: 3, 结构中密, 卵砾石磨圆度较好, 粒径 3.0~120cm 不等; 中部为粉质粘土, 呈可塑状~硬塑状; 上部为卵砾石及粉质粘土, 土石比为 5: 5, 卵砾石磨圆度较好, 粒径 2.0~50cm。据其堆积特征, 可以推测泥石流曾发生过规模大小不一的 3 次。后期由于前缘梅溪河的快速下切, 斜坡上的冲沟发育, 冲沟把泥石流的形成区分割, 形成小面积的、独立的地表水排泄系统, 其汇水面积小, 已形不成大的坡面径流, 且在形成区大部地带基岩裸露, 基岩的稳定性好, 无形成泥石流的物质来源。故该区不会再发生泥石流。

泥石流发生时, 在老屋里至石板沟一带呈扇形大量堆积, 堆积体前缘高程 160.00~165.00m, 后期由于梅溪河的快速下切, 导致堆积体前缘出现较大的临空面, 在河水位的冲刷、掏蚀影响下, 泥石流堆积体发生牵引式滑移, 形成滑坡, 泥石流堆积物前缘下降至高程 126.00m 处。目前, 在滑体中后部可见拉裂缝, 说明滑坡体仍处于蠕滑拉裂阶段。

2.15.3 滑坡稳定性分析评价

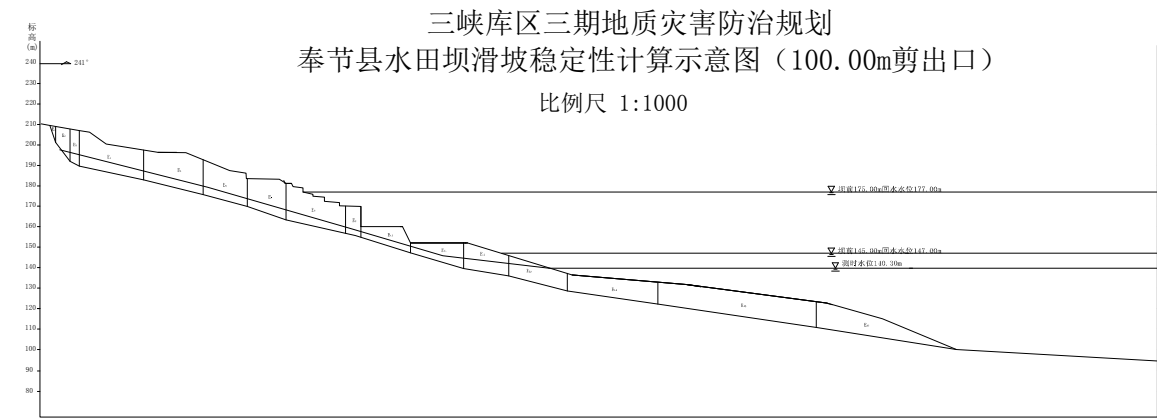
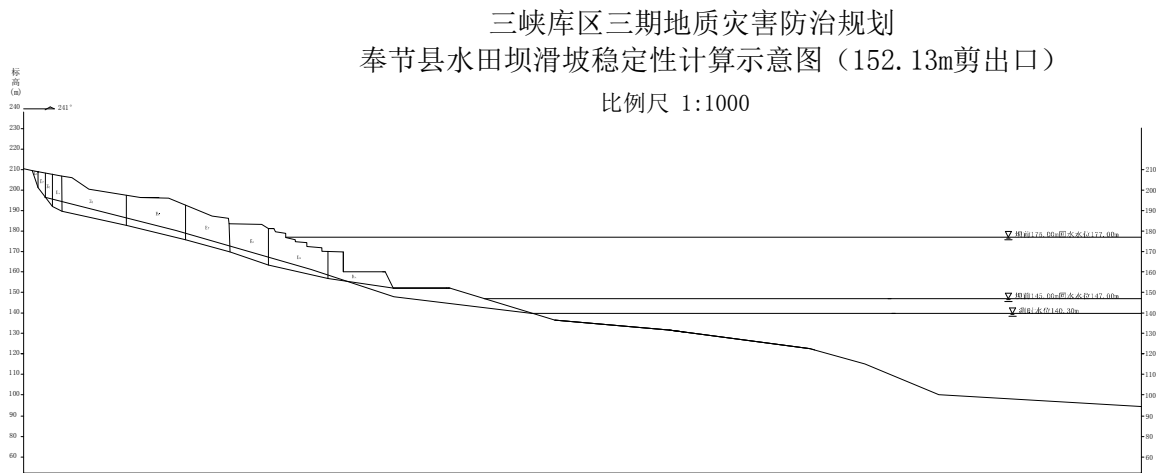
2.15.3.1 滑坡变形动态分析

据地表变形迹象、探井、钻孔揭露滑坡情况及调查访问的结果, 对滑坡的变形动态分析如下:

水田坝滑坡产生于近几年, 土体出现拉裂变形现象, 导致地面及民房出现拉裂缝, 这一段时间滑坡尚处于蠕滑拉裂阶段。顺着近几年来降雨量的增大, 滑坡中后部的变形逐渐加剧, 尤其是连续降雨或暴(大)雨期间, 地表水入渗土体增大了滑坡体重量, 降低了软弱滑动面的抗剪强度, 增大了下滑力, 而造成滑坡区内土体蠕滑拉裂致使其上房屋拉裂变形。而在连晴期间基本无明显活动性。从而证明滑坡在雨季期处于潜在不稳定阶段。

2.15.3.2 滑坡稳定性计算与分析

(1) 计算剖面



按照勘察计划书的要求,结合滑坡体稳定性现状,对水田坝滑坡选取主滑剖面进行计算(图3-15-1)。

(2) 计算方法

滑面受软弱面及临空面控制,呈起伏不平的折线型,故采用基于极限平衡理论的折线型滑动带的传递系数法(即《技术要求》中推荐方法)来评价斜坡的稳定性及计算滑坡推力。

滑坡稳定性系数 Kf 计算公式与滑坡推力计算详见港航砖厂滑坡一节。

(3) 计算方案

水田坝滑坡位于长江北岸,整个滑体主要由第四系粉质粘土夹块碎石组成,块碎石成分主要为砂岩或泥岩。该滑坡目前处于基本稳定状态,仅在局部有轻微变形迹象,由于滑坡的中后部滑床面较陡、中前部平缓,中后部滑体有沿坡由陡缓变缓处剪出的可能。因此,水田坝滑坡除计算整体稳定性外,还将对水田坝滑坡中后部滑体进行稳定性计算。经分析滑坡土体的岩、土状态及荷载组合,选定如下4种工况进行滑坡稳定性计算。

- 工况一：自重+地表荷载+动荷载+135.0m 水位+5 年一遇暴雨
- 工况二：自重+地表荷载+动荷载+175.0m 正常水位+5 年一遇暴雨
- 工况三：自重+地表荷载+动荷载+175.0m 145.0m 水位+5 年一遇暴雨
- 工况四：自重+地表荷载+动荷载+175.0m —►145.0m 水位+地震+5 年一遇暴雨

(4) 计算参数的选取

①滑体重量

按下式计算：

$W_i=S_i \gamma_i$

式中：

- W_i—第 i 块单宽滑体自重 (kN/m)
- S_i—第 i 块单宽滑体面积 (m²)
- γ_i—第 i 块单宽滑体重度 (kN/m³)

根据滑坡现场大容重试验结果(表 3-15-6),结合本次滑坡体中钻孔及山地工程所取得的滑体原状岩、土样品的天然容重、饱和容重试验平均值综合确定,天然状态取 19.85kN/m³,饱和状态下取 20.30kN/m³,水位以下长期浸泡滑体重度取 10.30 kN/m³。

表 3-15-6 水田坝滑坡现场大容重的试验成果

项 目 \ 试验位置及深度	QJ3 QJ4 QJ5				平均值
	2.0~3.0	8.0~9.0	4.0~5.0	1.2~2.2	
重度 (kN/m ³)	19.79	19.93	19.86	19.82	19.85

滑体条块的面积采用 AOTOCAD 直接从计算剖面图上量取。

②地震力

根据《xx 崩塌滑坡与塌岸地质灾害防治工程地质勘查技术要求(试行)》,采用公式 $P=C_1C_2KhGs$ (式中: P 为作用于滑坡体重心的地震水平惯性力; C₁ 为地震力计算的综合影响系数,一般取 0.25; C₂ 为地震力计算的重要性修正系数,按重要性取 1.0; Kh 为水平地震系数; Gs 为滑坡体重力 (kN/m))。本区地震动峰值加速度值 α_{max} 为 0.05m/s²,其中水平地震系数 $Kc=\alpha_{max}/g$, g 为重力加速度。滑坡稳定性计算公式中 $A=C_1C_2Kh$ 。

③水的考虑

通过野外调查及勘探工作揭露,滑体中未见地下水位,通过对滑坡体进行的试坑渗水试验显示,粉质粘土夹碎块石层的渗透系数在 0.4m/d,渗透性较大,分析该情况是土体中碎块石的含量变化差异所致。

由于受野外作业时间短的限制,缺少雨季及洪水期的水位观测资料,因此,计算时,在工况 1 下,按现有地下水位考虑(此次野外工作 20 余天时间中,降水量极小,因此视为自重状态);工况 2(据访,奉节地区雨季时持续降雨天数一般在 20 天左右),土层则按土体的渗透系数×持续降雨天数(20 天)作为地表以下的饱水区,饱水区以下范围按现状考虑,滑带按饱水考虑。编绘后发现在持续降雨 20 天后滑坡的滑体土已全部饱水。因此在最终的稳定性计算中,滑体按全饱水考虑,并考虑渗透压力作用。

4滑体上覆建筑荷载

由于滑坡体上大部分地区为耕地,仅在滑坡的中后部有民房分布,因此,在此次滑坡稳定性计算中,仅考虑中后部的地表荷载,荷载按 5kN/m 的线荷载均布。

⑤抗剪强度 C、φ 值

滑带土抗剪强度参数的选取合理与否,对滑坡稳定性计算起关键作用。室内试验时未考虑滑带土中角砾对其抗剪强度的影响,饱和快剪的抗剪强度与实际情况相比可能是偏低的。所以,稳定性分析和推力计算中抗剪强度参数在天然状态时是以现场大剪试验资料的平均值取值,在饱和状态时,抗剪强度参数是以室内饱和快剪试验值的峰、残值及抗剪强度 C、φ 的反算值综合取值(表 3-15-7)。

表 3-15-7 水田坝滑坡滑带土抗剪强度取值表

状态	内聚力 C (kPa)	内摩擦角 Φ (°)
天然状态	30.5	13.2
饱和状态	24.0	12.0

抗剪强度 C、φ 的反算值

针对滑坡的现状，采用反演方式计算滑坡的抗剪强度 C、φ 值，以求解最符合滑坡现状抗剪强度 C、φ 值。

采用《技术要求》中推荐的反演公式：

内聚力 $c = \frac{Ks \sum W_i \sin \alpha_i - \tan \phi \sum W_i \cos \alpha_i}{L}$

内摩擦角 $\phi = \arctan \frac{Ks \sum W_i \sin \alpha_i - CL}{\sum W_i \cos \alpha_i}$

针对滑坡现状，发现滑坡现状基本稳定，在雨季滑坡处于潜在不稳定状态，因此假定雨季 Ks=1.01 进行计算。通过上述公式的计算，反算的 C 值为 24kpa，Φ 为 12°。

⑥安全系数（K 值）的选取

推力计算中，在天然和持续降雨状态下，安全系数 K 值取 1.15；在地震状态下，安全系数 K 值取 1.02，主要是考虑到这种现象出现的概率较小，历时短，在工程设计中为了降低治理工程的费用，在小概率事件出现时适当降低安全系数是可行的。

（5）计算结果

在对剖面进行条分时，采用 4 种荷载组合，滑坡计算基本数据及滑坡稳定性计算结果和推力值见表 3-15-8、表 3-15-9，其详细计算情况见附件。

2.15.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

从计算结果可知，水田坝滑坡整体稳定性较好，K=1.05~1.319，推力值为 0~1396.06kN/m，滑坡处于基本稳定状态；滑坡中后部稳定性较差，在暴雨的作用下，K=1.403，推力值为 1289.81 kN/m，滑坡处于欠稳定状态。在库水位及暴雨的作用下，稳定性急剧降低，K=0.982~0.991，推力值为 2143.55~2342.64 kN/m，滑坡处于不稳定状态。综上，水田坝滑坡在库水位及暴雨的作用下不稳定，存在滑动的可能。

表 3-15-8		水田坝滑坡稳定系数一览表					
剖面 编号	滑体位置	滑面高程 (m)		工况一	工况二	工况三	工况四
		后缘	剪出口				
II-II'	上部剪出口	207.33	152.13	1.043	0.991	0.982	0.825
	下部剪出口	207.33	100.00	1.319	1.446	1.276	1.050

表 3-15-9 水田坝滑坡推力计算一览表

剖面 编号	滑体位置	滑面高程 (m)		工况一 (kN/m)	工况二 (kN/m)	工况三 (kN/m)	工况四 (kN/m)
		后缘	剪出口				
II-II'	上部剪出口	207.33	152.13	1289.81	2342.64	2143.55	3949.50
	下部剪出口	207.33	100.00	0	0	0	1396.06

2.15.4 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.15.4.1 滑坡危害性分析

水田坝滑坡的后缘及两侧建有移民统建房、脐橙厂及金盆锅厂，滑体中后缘建有农村移民房及沿江公路，且为 xx 重要的移民迁建规划区一金盆小区，前缘正拟建护岸工程。所以，水田坝滑坡的危害性和社会影响巨大，主要体现 在以下几个方面：

- 1、危及滑坡区内移民统建房、脐橙厂、金盆锅厂及农村移民房的安全；
- 2、滑坡的中后缘为 xx 规划的移民新区一金盆小区，是 xx 主要的移民安置地之一，滑坡影响片区的开发和移民迁建工作；
- 3、威胁滑体上 0.5km 的辽宁大道，该道路为 xx 对外联系的主干道；
- 4、滑坡失稳，将造成滑坡区水电、交通中断，影响移民的正常生活。

综上所述，急需对长江 xx 工程库区重庆市 xx 二期移民迁建区水田坝滑坡进行勘察治理，确保人民的生命财产安全。

2.15.4.2 实物指标调查

- （1）移民统建房 9 幢，建筑面积 2.58×10⁴m²，居民 186 户 651 人；
- （2）辽宁大道 500m；
- （3）xx 金盆锅厂 0.8×10⁴m² 及脐橙厂 0.15×10⁴m² 房屋；
- （4）金盆 1、2 社 29 户 100 人。

2.15.5 塌岸特征与预测

xx 水库蓄水后，塌岸是水田坝滑坡滑体稳定性之外的又一重大的地质环境问题，对蓄水后塌岸进行预测，是水田坝滑坡综合治理工程、库岸防护工程和滑坡体内国土利用必不可少的前期地质工作。现根据勘查资料对水田坝滑坡一带的库岸类型与特征、主要影响因素进行分析论述，并对塌岸进行预测。

2.15.5.1 库岸类型

根据滑坡区内岩土体的工程地质类型,可将工作区内的库岸按 175m 蓄水位考虑进行如下划分:

1. 一级划分

I 类: 土质库岸;

II 类: 岩质库岸。

2. 二级划分

根据堆积层的不同成因, 可将 I 类库岸划分为堆积粉质粘土夹碎块石库岸 (I₁) 和其它成因库岸 (I₂) 两类。

根据岩层的产出特征即岩层倾向与库岸岸坡坡向之间的关系可将 II 类库岸分为反向库岸 (II₁)、斜向库岸 (II₂)、顺向库岸 (II₃)、横向库岸 (II₄) 等多种, 其中, 反向库岸 (II₁) 是指岩层倾向和库岸坡向之间的交角≥150°, 斜向库岸 (II₂) 为 30~60°或 120~150°之间, 顺向库岸 (II₃) ≤30°横向库岸 (II₄) ≥60°。

综上, 水田坝滑坡一带的库岸按二级划分可归纳为一类库岸类型, 即土质库岸中的 I₁, 土质库岸分布于整个滑坡区。

故下面以滑坡范围内的 I₁ 类土质库岸为论述重点。

3. 三级划分

根据库岸岸坡的坡度可将水田坝滑坡范围内的库岸 (I₁) 划分为以下四种类型, 即:

I₁—A 型: 陡坡型, 岸坡坡度≥25°;

I₁—B 型: 缓坡型, 岸坡坡度<25°;

I₁—C 型: 上陡下缓型, 岸坡坡度上段≥25°, 下段<25°;

I₁—D 型: 上缓下陡型, 岸坡坡度上段<25°, 下段≥25°。

上述三级划分的四种库岸类型是本次工作的重点, 其它类型库岸的三级划分方法和具体类型在此不赘述。据调查, 滑坡区库岸类型为上缓下陡型(I₁—D)。

2.15.5.2 影响塌岸的主要因素

影响水田坝滑坡塌岸的因素很多, 主要有: 地形地貌条件、地质构造、库岸类型、库岸岩土结构及其物理力学性质、库岸地下水的作用、库水的运行状况、暴雨和地表水的作用、人类工程活动等。

1. 地形地貌条件

地形地貌条件与塌岸关系密切, 地形越陡, 切割越强烈, 越易产生塌岸, 尤其在土质库岸分布区。一般情况下, 陡坡型土质库岸和上陡下缓或上缓下陡型土质库岸比缓坡型土

质库岸更易产生塌岸, 库岸再造更强烈。

2. 地质构造

地。质构造决定了岸质库岸的结构型式及组合关系。顺向、软硬相间或破碎岩体组成的库岸易产生塌岸, 且规模较小。

3. 库岸类型

除具有特殊结构面的岩质库岸外, 一般情况下, 土质库岸比岩质库岸更易产生塌岸和库岸再造。水田坝滑坡为典型的滑坡松散堆积土质库岸

(I₁), 故极易产生塌岸和进行库岸再造。

4. 库岸岩土结构及其物理力学性质

库岸不同的岩土结构类型、接触面坡度、易滑面形状及其物理力学性质, 决定了塌岸的不同型式。如水田坝滑坡范围内库岸物质为松散的土层, 间夹块碎石, 岩土接触面前陡后缓, 土体内部不同部位、不同方向有剪切面存在, 总体力学性质差, 故其易产生塌岸, 且塌岸主要集中在岩土接触界面和滑动

面较陡、土体结构更松散的堆积体后缘。

5. 库岸地下水状况

地下水越丰富, 补、迳、排作用越强烈, 越易产生塌岸。因为地下水在运动过程中, 即搬走细小土粒架空上部土体, 又产生动水压力和扬压力, 并降低土体强度, 三者联合作用, 使上部土体推移滑向库区, 促进库岸再造作用的进行。

6. 库水的运行状况

xx 水库蓄水运行后, 库水位将在 147.00m←→177.00m 之间变动, 在库水涨落的影响下, 水田坝滑坡区段库岸岩土体处于干湿交替状态, 力学强度将降低, 并承受长期的浪蚀作用和动水压力作用, 库岸易产生变形破坏, 极易形成塌岸。

7. 暴雨和地表水作用

前已述及, 工作区暴雨强度大, 连续降雨量大, 这对水田坝滑坡体构成的土体库岸的稳定性影响也大。高强度的暴雨和地表水除冲刷库岸表层松散土体外, 还下渗补给地下水, 降低库岸土体强度, 并与之共同促进岸坡失稳, 形成塌岸。

8. 人类工程活动

在水田坝滑坡体范围内, 存在不合理的人类工程活动, 如不合理加载和开垦种植, 这严重影响了库岸土体的稳定性, 极易促进库岸产生变形破坏。所以, 应将人类工程活动与库岸防护结合起来, 这样才有利于滑坡区内国土的综合整治和开发利用。

2.15.5.3 塌岸预测

1. 塌岸类型

水田坝滑坡范围内均属土质库岸，结合水田坝滑坡不同的不利因素组合，可将其分为滑移型和滑塌型两种库岸再造类型。

(1) 滑移型库岸再造（HY）

松散堆积的土质库岸在库水浸泡、地下水作用、地表水（暴雨）冲刷和下渗使土体饱和等作用下，库岸土体的抗剪强度降低，极易产生局部或大范围的滑动破坏，破坏后的物质滑向库区，库岸线相对后移，产生滑移型库岸再造。这类库岸再造类型一般范围较大，再造的库岸线较长，主要发生在陡坡型土质库岸（I₁-A）和上陡下缓型土质库岸（I₁-C）段。滑移时起动速度较快，有一定滑距，易产生涌浪，且危害性较大。

(2) 滑塌型库岸再造（HL）

水田坝滑坡体物质与结构较特殊，加之堆积体范围内人类工程活动强烈，岸坡下陡上缓等转折部位，其底部松散的土体在库水的冲刷掏蚀作用下，物质易被水流带走，其下易形成凹腔，上部物质在重力作用下，逐渐失去平衡，在库水回落和地下水的综合作用下，易产生大于凹腔范围的失稳破坏，即最终产生滑塌型库岸再造。这类库岸再造相对而言规模较小，具分散性，主要取决于地形条件和库岸表层的物质组合。

2. 塌岸预测

(1) 预测方法

根据滑坡区库岸基本特征，采用卡丘金方法图解进行塌岸预测。

塌岸宽度计算公式：

$$S_t = N[(A + h_p + h_b)ctg\alpha + (H - h_b)ctg\beta - (A + h_p)ctg\gamma]$$

式中：S_t—塌岸最终宽度（m）；

A—库水位变化幅度（m）；

N—与土的颗粒大小有关的系数，滑坡区取 0.8；

h_p—波浪冲刷深度，相当于 1~2 倍波高；

h_B—浪击高度或浪爬高（m），大体为 0.1~0.8 倍波高；

H—正常蓄水位以上岸坡高度（m）；

α—水下稳定坡角（°），取 15°；

β—岸坡水上稳定坡角（°）；取 25°；

γ—原始岸坡坡角（°）。

波高（h）用下式确定：

$$h = 0.0208V^{5/4}D^{1/3}$$

式中：V—风速（m/s），区内风速采用平均风速 1.0m/s；

D—波浪长度（km），D=5C，C 为区内水库平均宽度。

在系统分析库岸地质环境条件基础上，选取不同类型岩土的现代河流枯水位——洪水位作用区间（包括上下一定坡段），作出实测或图切地形地质剖面，确定相应岩土层河谷岸坡稳定坡角，以此坡角类推水库蓄水后相应水位作用带（主要是 145~177.00m 水位变幅带及其上下一定范围坡段）不同岩土层最终稳定坡角，以获得库岸再造的最终范围(图 3-15-2)。

对堆积体和变形体构成的土质库岸，应首先计算其稳定性，若为稳定型，则以上述图解法进行预测；若为失稳型，则以失稳后库岸进行再造预测。对人工弃土库岸按坡体稳定计算与图解法进行对比，取其大者为其库岸再造带。

库岸稳定坡角取值如下：选取各岩土层在不同库水位条件下的稳定坡角，是准确确定库岸再造范围的关键，其取值原则为：利用天然河道的平均枯水位，常年洪水位及其水位变动带自然坡角分别与水库运行期死水位、调节水位、最高设计水位存在可类比性，采用地质调查与图解相结合的方法，取得天然河道平均枯水位以下、常年洪水位以上及水位变动带三带岩土层的自然坡角，并以其作为该岩土层在可类比库水位条件下的稳定坡角。

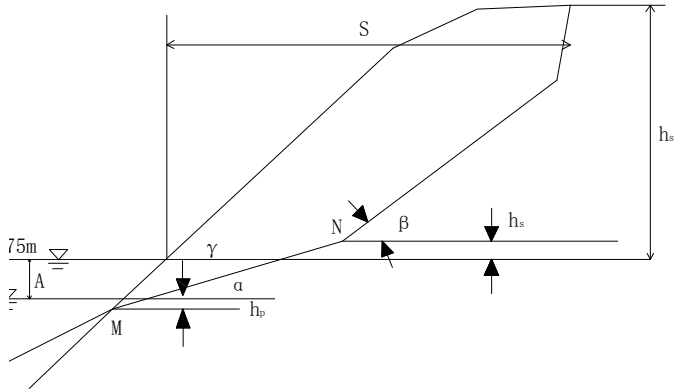


图3-15-2 卡丘金方法预测塌岸图解

本次勘查，采用图解法在地形地质图上选取多个统计点，量出相应的坡角，并到实地复核，按下列公式计算出各类岩土层稳定坡角统计值见表 3-15-10。

表 3-15-10 各岩土层在不同河水位条件下自然坡角统计值		
高程 坡度（°） 岩性	133~146m 河水位变动带	146m 以上 洪水位以上
Q ₄ ^{del} 粉质粘土（夹块碎石）	15~22°	25~30°
Q ₄ ^{al+pl} 粉砂土	5~15°	——

T ₂ b 泥质灰岩	25~33°	42~48°
-----------------------	--------	--------

$$\alpha = \sum \alpha_i \times L_i / \sum L_i$$

式中：α——一个统计范围内该岩土层的稳定坡角；

α_i——单个统计点该岩土层的自然坡角；

L_i——单个统计点顺坡向的平面距离。

由于枯水位以下岩土层稳定坡角无法量取，可采用江水位变动带库岸稳定坡角。

根据各岩土层自然岸坡坡角统计值，建议各岩土层在不同库水位状态下的稳定坡角取表 3-15-11 中之值。

3、预测成果

根据 xx 水库运行规律，库水位具有阶段性特征，库水位在 177.00~147.00m 之间变化。因此，库岸再造亦具有阶段性特点，本次塌岸预测，仅考虑 xx 水库运行后期库岸再造范围。

根据上述图解法及卡丘金算法预测库岸最终再造范围如图 5-2，177.00m 水位以最终上塌岸宽度为 70.65m，最终影响高程为 196.34m 左右。

根据塌岸对城市建设最低基准线 182.00m 高程的影响程度，可将库岸再造强烈程度分

表 3-15-11 各岩土层在不同库水位条件下稳定坡角取值				
岩性	高程 坡角（°）	145m 以下 （死水位）	145~175m （动水位）	175m 以上 （正常蓄水位）
Q ₄ ^{del} 粉质粘土（夹块碎石）		15	20°	25°
Q ₄ ^{al+pl} 粉砂土		10°	——	——
T ₂ b 泥质灰岩		25°	30°	45°

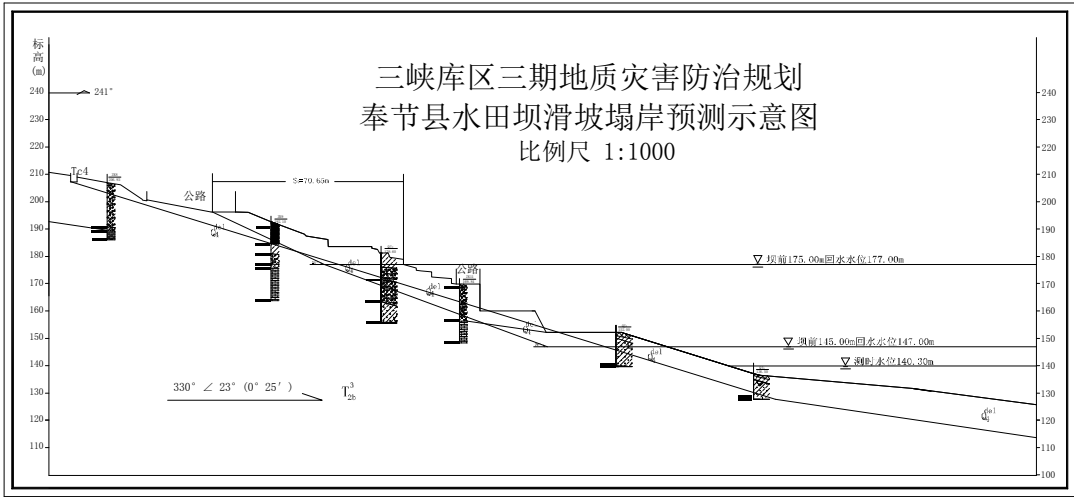
为三级：

（1）库岸再造强烈：库岸再造高程高于 182.00m，且 177.00m 水位线以上的塌岸宽度大于 50.0m；

（2）库岸再造较强烈：库岸再造高程 182.00m，且 177.00m 水位线以上的塌岸宽度为 30.0~50.0m；

（3）库岸再造轻微：库岸再造高程低于 182.00m，且 177.00m 水位线以上的塌岸宽度小于 30.0m；

综上，滑坡区库岸再造程度强烈。



4、塌岸对滑坡堆积体整体稳定性的影响

水田坝滑坡前缘下伏基岩面较陡，受河流冲刷掏蚀常发生小范围的坍岸或局部垮塌，但其影响程度有限，目前对滑坡中后部不构成威胁。但 xx 水库蓄水及正常运行后，在库水长期作用下，滑坡将可能发生牵引式变形失稳。177.00m 水位以下的堆积体长期受库水浸泡，库水位快速涨落及波浪冲刷掏蚀作用影响，首先在堆积体前缘发生一定程度的库岸再造作用，形成新的卸荷、临空面，稳定性降低，在库水作用下变形失稳，如此反复，逐渐向中后部扩展，引起由前缘至中部、由下而上的变形失稳。牵引式变形失稳将导致目前稳定性较好的中后部地段渐变为稳定性较差的前缘地段，直接面临库水的作用，并最终影响滑坡整体稳定性。

2.15.6 防治方案比较与建议

2.15.6.1 防治方案分述

由于水田坝滑坡上实物指标较少，滑坡失稳，主要是影响滑坡北侧金盆锅厂、脐橙厂及其附近民房、滑体南侧移民统建房、滑体上沿江公路等的安全，故水田坝滑坡不能进行搬迁避让，只能进行工程治理。

（1）滑坡防治工程方案建议

适用于水田坝滑坡治理的工程措施主要是支挡，根据滑坡的地形、地质条件、滑坡稳定性分析及防护对象的分布特点，主要进行了“对滑坡体进行全面有效防护”和“局部防护结合部分搬迁”两种方案的比较。

对滑坡体进行全面有效防护方案该方案主要由抗滑桩、坡面整修防护和截水沟三项措施组成。

1. 抗滑桩：抗滑桩布设在 175.00m 库水位回水水位线之上（即部面 1-1′ 附近，高程 177.00m 左右），桩为圆桩，桩顶加横梁，桩径 2.0m，桩间净距 5.0m，共计 28 根，桩深度

由以下方法计算：滑面以下桩向长度为滑面上桩身长度的 60~80%。

2. 坡面整修防护：坡面高程 147.00~177.00m 的滑体段在库水水位的变幅范围，为防止塌岸对滑坡整体稳定性和抗滑结构受力产生影响，对该地段采取干砌石护坡，干砌石厚 30.0cm，下设 20.0cm 的碎石垫层，护坡坡脚设计浆砌石脚槽。

3. 地表排水：为防止地表水进入滑体，在滑坡边界两侧布置截水沟加强地表排水。截水沟结合地表坡度布置为台阶状，采用浆砌石砌筑，断面为梯形，底宽 0.5m，顶宽 0.85m，高 0.7m，总长 250m。

该治理方案投资估算见表 3-15-12

（2）局部防护结合部分搬迁

鉴于滑体上实物指标较少，滑坡失稳后其周边受影响的建筑物，沿江路等设施采取适当的工程措施进行保护，因此，可以考虑放弃对高程 177.00m 以下的滑体进行治理，对沿江路以下的建筑物进行搬迁，对周边影响区进行防护的治理方案。

防护工程布置如下：

滑坡影响区沿防护对象外围修建浆砌石挡土墙，挡墙总长 262m，墙高 6~13m；滑坡南侧沿滑体后缘沿江路外侧布置，排悬臂桩进行支挡，抗滑桩截面尺寸 1.8×2.0m，桩长 22.0m，其中滑面以上 14.0m，滑面以下 8.0m，桩间距 4.0m，共 20 根。为保护桩间距土体不被带走，从而对沿江路造成影响，在桩间设置预制混凝土挡土板。

该资治理方案投资估算见表 3-15-13

表 3-15-12 水田坝滑坡治理工程投资估算费用表（方案一）

序号	工程或费用名称	建安工程费(万元)	其它费用（万元）	合计（万元）
一	工程费用	1000		1000
（一）	主体工程费	970		970
1	抗滑桩工程	670		670
2	护坡工程	240		240
3	截水沟工程	10		10
4	其它建筑工程	19		19
5	监测工程	31		31
（二）	临时工程费	30		30
二	其它费用		240	240
三	基本预备费		190	190
四	总投资			1430

表 3-15-13 水田坝滑坡治理工程投资估算费用表（方案二）

序号	工程或费用名称	建安工程费(万元)	其它费用（万元）	合计（万元）
----	---------	-----------	----------	--------

I	滑坡治理工程			839
一	工程费用	547		547
（一）	主体工程费	528		528
1	抗滑桩工程	280		280
2	挡土墙工程	222		222
3	其它建筑工程	10		10
4	监测工程	16		16
（二）	临时工程费	19		19
二	其它费用		182	182
三	基本预备费		110	110
II	移民安置补偿费			116.5
一	直接费用		94	94
（一）	生产安置费		26	26
（二）	房屋及附属设施补偿费		23	23
（三）	基础设施费		44	44
（四）	搬迁费		1	1
二	其它费用		3.5	3.5
	一至二项合计			97.5
三	预备费		19	19
III	总投资			955.5

2.15.6.2 防治方案比较与推荐意见

方案一：采用抗滑桩支挡对滑坡进行治理。

方案二：局部防护+部分搬迁。即对滑坡体上的房屋进行搬迁，在滑坡南侧滑体缘沿江路外侧布置 1 排悬臂桩保护沿江路，在滑坡影响区防护对象外围修建浆砌石挡墙保护。

（1）技术方案比较

从技术方案角度比较，两种方案技术均成熟可行。

（2）施工技术比选

方案一抗滑桩工程施工技术要求高，施工周期相对较长。

方案二挡土墙施工技术简单，质量易于控制。滑坡南侧滑体后缘的抗滑桩施工虽然也较高，但工程总体规模和施工强度均较小。从治理工程施工技术角度比较，方案二稍优于方案一。

（3）投资估算比选

方案一估算工程静态总投资 1430.00 万元。

方案二估算工程静态总投资 955.50 万元，其中局部工程治理费用 839.00 万元；居民搬迁

补偿费 116.50 万元。

从投资规模方面看，方案二比方案一少 474.50 万元。

（4）社会效益比较

方案一是对滑坡进行治理，避免了滑坡体及滑坡失稳后影响区范围内的各项建筑物的二次搬迁。

方案二是局部治理结合部分搬迁。即对影响区保护对象和滑坡体上沿江路采取挡土墙和抗滑桩进行防护，对滑坡体上的人口、房屋等实物指标进行搬迁，搬迁指标主要包括人口 32 人，房屋面积 0.93 万 m³。

两方案相同之处在于均对滑坡影响区的防护对象进行了保护，在这些得到保护的建筑物中有很大部分是 1999 年后修建的移民统建房，因此，两方案的实施均将对社会的安定团结均产生重大影响。

两方案的区别在于方案二需要将滑体上的建筑物搬迁，但迁建工程量不大。

（5）推荐方案

通过上述各方面的比较，本阶段推荐方案二作为治理工程的实施方案。

2.15.6.3 规划建议

本工程为地质灾害防治项目，其目的在于整治不利地质环境，保护了滑坡体上沿江路及滑坡影响区的各项建筑物，对社会的安定有着重要影响。

根据区内地质环境特征，对地质环境的保护提出以下几点建议：

1、工程建设前应进行规划建设用地地质灾害危险性评价，避开不适宜建筑区和处理困难且不经济的地带，以免造成不必要的损失或浪费。

2、在斜坡地段选择建筑物场地应进行场地和边坡的稳定性评价，确保允许开挖坡度和合理的施工方法，以免诱发新的地质灾害。

3、斜坡上的堰塘，库渠加强防渗和防护措施，避免地表水体下渗，浸蚀、软化下伏软化泥化层，造成滑移变形。

4、大兴植树造林，禁止乱砍滥伐，破坏植被，保护生态环境，防止水土流失。

5、应加强江河两岸防洪工程建设。禁止在沿江河两岸违章建厂建房、倾倒拉圾、废渣，以免堵塞河道，减少排洪断面。

6、沿江河两岸的废水，废物排放应加强管理，防止污染库区水体，给人体身心健康造成危害。

2.16 老屋里滑坡

2.16.1 老屋里滑坡地质特征

2.16.1.1 滑坡空间形态

老屋里滑坡位于长江一级支流梅溪河左岸，属 xx 金盆小区，离梅溪河口约 1km 的斜坡地带。所属图幅（1/1 万）为奉节幅，地理坐标 X=3439547、Y=36644655。

滑坡平面形态呈“长舌形”，前缘宽 120m，后部宽 70m，主轴线长 290m，滑坡面积约 3.2×10⁴ m²，体积 40×10⁴m³。是沿基岩面滑动的土质滑坡。滑坡前缘高程 130m，后缘高程 214m，滑坡体前后缘高差约 80m，主滑方向 279°（照片 3-16-1）。

滑坡后缘与发育拉裂而崩塌的基岩陡坎相连，斜坡后部陡坎略呈规则的弧形延展，后部陡坎高 10 余米，整体倾向 265~275°；滑坡北侧边界靠后缘段，为基岩陡坡与滑坡堆积层接触，走向为北 35~50°西，长约 100m；南侧边界为一小型冲沟，走向近东西向，长 280m。滑坡体表面地形坡度起伏不大，坡角 20~25°。靠近后缘坡角变大达 40°。

照片 3-16-1 老屋里滑坡全貌

照片 3-16-2 老屋里滑坡探井揭露滑带光滑面

2.16.1.2 滑坡物质组成及结构特征

（1）滑体

根据工程地质测绘及勘探工程揭露，滑体物质成份以粉质粘土夹碎块石为主。粉质粘土呈黄褐色、黑紫色，可塑—硬塑。块碎石成分主要是黄色砂岩、灰色泥灰岩、黑褐色角砾岩组成，粒径一般 0.5~70cm，最大直径达 1.2m，呈次棱角状、巨块状。含量 20~30%。该层结构松散—中密，厚 0.5~20.0m。滑坡中前部滑体相对较薄，LWZK1、LWZK2、LWTJ1 揭露厚度分别为 14.0m、9.1m、12.7m，滑坡后部滑体厚度相对较大，LWZK3 揭露厚度 20.33m。

（2）滑带

根据工程地质测绘及勘探工程揭露，滑带土为黄褐色、紫红色粉质粘土含碎石角砾。滑带粉质粘土软塑—可塑状，含水率高；土中多含碎石角砾，其成分以泥灰岩和砂岩为主，

呈次棱一次圆状，表面光滑，有光泽和擦痕，直径一般 1~20mm，含量 10~20%。探井 LWTJ1 和钻孔 LWZK2 中的滑移面均见清晰擦痕和明显的镜面（照片 3-16-2），滑带土厚 5~61cm。

（3）滑床

老屋里滑坡的滑床为三叠系中统巴东组三段（T_{2b}³），由薄—中层灰色、灰黑色泥质灰岩、泥灰岩不等厚互层，岩层产状平缓，倾向 180~191、倾角 7~11°。基岩的节理、裂隙发育，岩体较破碎，裂隙间距 2~8cm，裂缝宽度 1~5mm，裂缝中主要充填白色钙质和少量黄褐色粘土。滑床在纵向上呈台阶状，其后部及中部平台间斜坡坡度大，坡角 30~40°，后部最大坡角可达 50°，平台坡度较小，坡角 3~10°。滑坡前缘一带滑床为第四系冲洪积卵砾石土，砾石成分以砂岩为主。砾间充填砂土，中密，砂石比 6：4。

2.16.1.3 滑坡水文地质

勘查区含水层主要为滑体土孔隙水含水层及下伏泥灰岩岩溶裂隙水含水层。

地下水补给来源为大气降水。大气降水一部份沿地表及冲沟顺坡形成坡面流，汇入梅溪河，一部份渗入地下形成地下水。地下水中孔隙水，一部份在滑体土中径流，至滑坡剪出口一带以下降泉形成排出地表流入梅溪河；另一部份在斜坡上部通过岩溶裂隙补给下伏泥灰岩岩溶裂隙水在地形有利处以下降泉形式排出地表（滑坡中部北侧边界附近泉点，流量 1.5 L/s，2003.11.14），于南侧小冲沟汇入梅溪河。

老屋里滑坡区地表水系主要是梅溪河及滑坡北侧沟湾以及滑坡南边界无名小冲沟。沟湾切割深度 200~250m，沟内常年流水，沟底狭窄，纵比降 150~200‰，滑坡北侧的沟口有泥石流堆积。南侧小冲沟深度 2~3m，沟内长年流水，是高处泉水的地表径流。两冲沟为区内地表水和地下水排泄基准面，再汇入梅溪河。

2.16.1.4 滑带土物理力学性质

滑带土主要为粉质粘土，厚度介于 5~60cm 之间。据勘探钻孔和探井资料分析，滑坡滑面与基岩面重合。

在野外采取滑带土原状样 5 组，根据室内试验，其天然密度为 1.87~2.04g/cm³，天然孔隙比 e₀ 为 0.669~0.887，快剪抗剪强度：φ=9-13.4°， C=11-47kPa；多次剪抗剪强度：φ=7~10.5°， C=5~28kPa。饱和多次剪抗剪强度：φ=6.5~10.3°， C=5~17kPa。滑带土的物理力学指标值试验成果见表 3-16-1。

2.16.2 滑坡形成机制

2.16.2.1 滑坡变形特征及发育史

在 2003 年 4、5 两个月的连续降雨，以及库水位上涨等因素的影响下，滑坡出现大范围变形。滑体中部普遍出现房屋墙体开裂、地面产生裂缝（照片 3-16-3），目前滑坡中部走向近南北向（与滑坡主滑方向垂直）的平行裂缝已贯穿滑坡体，裂缝张开度一般 3~60cm，地面沉陷最大深度达 1.3m（照片 3-16-4），造成老屋场居民区大部分居民建筑物倒塌。据访问了解，滑坡中部老屋里地区近百年未发生过地面裂缝、沉陷等现象。在滑坡后壁上方有崩塌、拉裂现象，且局部有小范围的滑动。

照片 3-16-3 老屋里滑坡中部拉裂跨塌的民房 照片 3-16-4 老屋里滑坡中部裂缝沉陷

2.16.2.2 滑坡影响因素分析评价

老屋里滑坡的形成和发展变化是受多种因素控制。主要有以下几个方面：

（1）滑坡区地层岩性为巴东组三段（T_{2b}³）薄—中厚层泥灰岩，岩体的裂隙发育，岩体破碎，后缘以上地形较陡，为陡壁或陡坡，易产生的崩塌物质堆积于滑体后部，增加后部荷载。

表 3-16-1 老屋里滑坡滑带土物理力学性质统计表

原 样 编 号	含 水 量 ω ₀ (%)	密 度 ρ ₀ g/cm ³	比 重 G _S	饱 和 度 S _r (%)	孔 隙 率 n (%)	孔 隙 比 e ₀	压缩试验		抗 剪 强 度								备 注
							压缩 模量 E _S (Mpa)	压缩 系数 a _{v(0.1~0.2)} (Mpa ⁻¹)	快剪		多次剪		饱和直剪		饱和多次剪		
									内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kp _a)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kpa)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kp _a)	内摩擦角 φ (°)	内聚力 C (kp _a)	
LWTC3-1	28.3	1.87	2.75	88	47	0.887	3.46	0.55	9.5	23	7	11	8.2	14	6.5	7	
LWTJ1-1	26.2	2.00	2.75	98	42	0.735	4.67	0.37	13.4	28	10.5	16	11.7	19	9	11	
LWZK1-1	28.3	1.97	2.74	99	44	0.784	4.12	0.43	9	11	8	5	8.5	9	7	5	

LWZK2-1	22.1	1.99	2.75	88	41	0.687	4.33	0.39	12	41	7.5	25	11.5	35	10.3	18	
LWZK3-1	23.8	2.04	2.75	98	40	0.669	5.49	0.30	12.7	47	9	28	10.8	31	9	17	
样本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
平均值	25.74	1.97	2.75	94.18	42.83	0.75	4.41	0.41	11.32	30.00	8.40	17.00	10.14	21.60	8.36	11.60	
标准差	2.46	0.06	0.00	4.98	2.48	0.08	0.67	0.08	1.75	12.84	1.24	8.56	1.49	9.91	1.41	5.20	
变异系数	0.10	0.03	0.00	0.05	0.06	0.10	0.15	0.20	0.15	0.43	0.15	0.50	0.15	0.46	0.17	0.45	
修正系数	0.85	0.95	1.00	0.92	0.91	0.83	0.76	0.69	0.75	0.76	0.76	0.71	0.76	0.74	0.73	0.75	
标准值	21.78	1.88	2.74	86.17	38.84	0.63	3.35	0.28	8.50	22.72	6.41	12.15	7.74	15.98	6.10	8.65	

（2）地表水入渗，使土岩接触带地下水聚集较多，接触带附近土体饱水软化，物理力学性质下降。

（3）滑坡区位于梅溪河左岸，河流和支沟的下切和侧蚀，在滑坡前缘形成临空面。

（4）气象水文：本地区降雨充沛，集中在 5~9 月，且多高强度的暴雨，雨水入渗使滑体重量增加，滑体地下水水位上升，孔隙水压力增大；同时地下水作用使滑带土的抗剪强度降低，坡体稳定性下降。暴雨和持续降雨对滑坡的稳定性起着重要作用。

2.16.2.3 滑坡成因机制分析

滑坡区地层岩性为巴东组三段（T_{2b}³）薄一中厚层泥灰岩，岩体裂隙发育，在构造裂隙、层面裂隙及风化裂隙等软弱结构面产生分离而崩塌，大量堆积的残坡积和崩坡积块碎石土为滑坡的形成提供物质条件。加上崩坡积物结构松散，块碎石含量高，孔隙率高，有利于地表水的入渗和地下水贮存，增加块碎石土的重度、动水压力及静水压力，同时也使块碎石土中的粉质粘土饱水软化，力学强度降低，在暴雨等诱发因素的触发下，堆积层的下滑力超过抗滑力，因而堆积层产生向临空方向的滑动，形成推移—牵引式滑坡。

2.16.3 滑坡稳定性分析评价

2.16.3.1 滑坡变形动态分析

老屋里滑坡自形成后处于基本稳定状态，近期地表变形严重，主要是受今年连续降雨影响，使土体力学性质发生改变，强度降低，促使滑坡体变形加剧。

2.16.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（一）计算剖面

本次计算采用勘探纵剖面 I - I '作为计算剖面（图 3-16-1）。

（二）计算方法

本次计算采用 Bishop、传递系数法法和一般条分法进行计算，其计算公式及推力计算公式详见港航砖厂滑坡一节。

（三）计算工况

根据滑坡实际情况，确定如下 4 种计算工况条件：

工况一：自重+地表荷载+动荷载+平水期水位+5 年一遇暴雨

工况三：自重+地表荷载+动荷载+175m 水位+5 年一遇暴雨

工况四：自重+地表荷载+动荷载+175m 水位→145m 水位+5 年一遇暴雨

工况五：自重+地表荷载+动荷载+175m 水位→145m 水位+地震+5 年一遇暴雨。

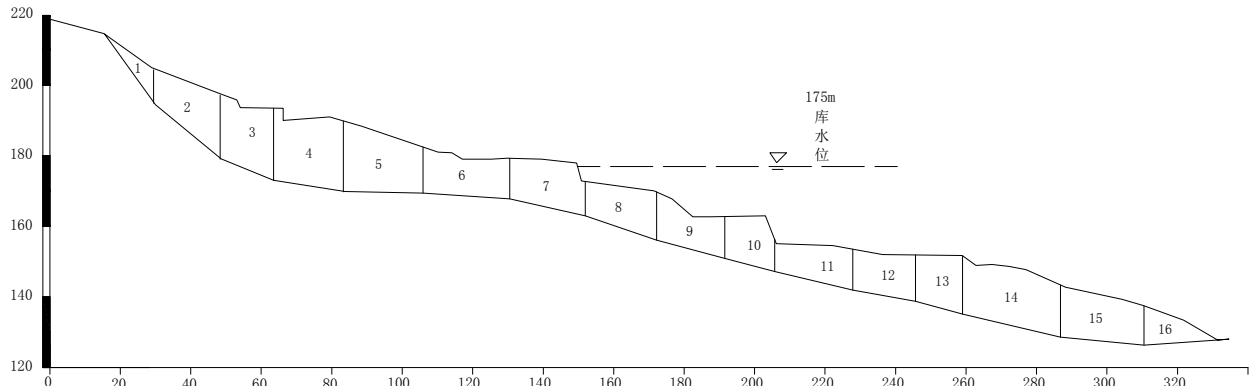


图 3-16-1 老屋里滑坡计算剖面

表 3-1 6-2		老屋里滑坡 1-1 剖面剩余下滑力计算表							
工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力 (kN/m)
					(kPa)				
I	1	3273.879	34.152	54.484	20	11	1.109	1.20	1972.214
	2	11726.210	34.015	39.540	20	11			7733.923

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	3	12647.680	23.410	22.349	20	11			9158.135
	4	17868.559	28.687	9.084	20	11			6744.890
	5	16858.826	32.258	1.172	20	11			1950.659
	6	12767.352	35.269	3.749	20	11			-979.989
	7	12006.847	31.351	12.749	20	11			-429.905
	8	10487.406	30.467	30.467	20	11			1511.355
	9	10013.545	28.690	15.144	20	11			2245.625
	10	8372.089	20.849	14.411	22	14			2841.415
	11	9853.151	32.605	13.290	22	14			3250.757
	12	9395.416	25.801	10.298	22	14			3106.582
	13	8745.850	19.734	15.245	22	14			3993.313
	14	19679.809	40.863	13.169	22	14			5193.283
	15	13632.015	33.993	5.437	22	14			3734.816
	16	5714.511	29.879	-3.863	22	14			1705.861
III	1	3273.879	34.152	54.484	20	11	0.902	1.20	1972.214
	2	11726.210	34.015	39.540	20	11			7733.923
	3	12647.680	23.410	22.349	20	11			9158.135
	4	17868.559	28.687	9.084	20	11			6744.890
	5	16858.826	32.258	1.172	20	11			1950.659
	6	12774.161	35.269	3.749	20	11			-936.516
	7	12044.578	31.351	12.749	20	11			483.288
	8	10562.397	30.467	30.467	20	11			2509.077
	9	10096.896	28.690	15.144	20	11			3776.601
	10	8447.242	20.849	14.411	20	11			4798.685
	11	9954.526	32.605	13.290	22	14			5667.479
	12	9497.012	25.801	10.298	22	14			5959.680
	13	8848.832	19.734	15.245	22	14			7358.902
	14	19883.754	40.863	13.169	22	14			9584.736
	15	13734.380	33.993	5.437	22	14			8459.664
	16	5760.690	29.879	-3.863	22	14			6422.655
IV	1	3273.879	34.152	54.484	20	11	0.888	1.15	1838.975
	2	11726.210	34.015	39.540	20	11			7240.498
	3	12647.680	23.410	22.349	20	11			8482.647
	4	17868.559	28.687	9.084	20	11			5985.012
	5	16858.842	32.258	1.172	20	11			1206.958

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	6	12779.074	35.269	3.749	20	11			-1696.889
	7	12043.047	31.351	12.749	20	11			361.846
	8	10548.659	30.467	30.467	20	11			2121.802
	9	10084.133	28.690	15.144	20	11			3190.739(
	10	8425.492	20.849	14.411	20	11			4034.174
	11	9946.592	32.605	13.290	22	14			4875.831
	12	9492.396	25.801	10.298	22	14			5137.525
	13	8838.525	19.734	15.245	22	14			6455.369
	14	19856.279	40.863	13.169	22	14			8739.861
	15	13736.029	33.993	5.437	22	14			7576.658
	16	5760.698	29.879	-3.863	22	14			5567.790
V	1	3273.879	34.152	54.484	20	11	0.841	1.10	1750.751
	2	11726.210	34.015	39.540	20	11			6948.906
	3	12647.680	23.410	22.349	20	11			8159.008
	4	17868.559	28.687	9.084	20	11			5793.157
	5	16858.842	32.258	1.172	20	11			1238.087
	6	12779.074	35.269	3.749	20	11			-1531.634
	7	12043.047	31.351	12.749	20	11			392.882
	8	10548.659	30.467	30.467	20	11			2123.887
	9	10084.133	28.690	15.144	20	11			3193.465
	10	8425.492	20.849	14.411	20	11			4042.875
	11	9946.592	32.605	13.290	22	14			4900.746
	12	9492.396	25.801	10.298	22	14			5204.168
	13	8838.525	19.734	15.245	22	14			6523.908
	14	19856.279	40.863	13.169	22	14			8832.393
	15	13736.029	33.993	5.437	22	14			7775.044
	16	5760.698	29.879	-3.863	22	14			5825.282

2.16.3.3 滑坡稳定性综合分析与预测评价

照上述计算方案对滑坡的稳定性进行了计算，详见（表 3-16-2）。

计算结果：老屋里滑坡在工况一时稳定性系数为 1.109，处于潜在不稳定状态；工况三时稳定性系数为 0.902、工况四时稳定性系数为 0.888、工况五时稳定性系数为 0.841，处于不稳定状态。

老屋里滑坡在天然条件下处于潜在不稳定状态，在受库水位及暴雨影响下是不稳定状态。因此，在外部条件一旦具备的情况下，老屋里滑坡极有可能出现整体失稳滑动。

2.16.4 滑坡库岸塌岸预测

2.16.4.1 滑坡库岸基本特征

滑坡库岸总长 150m，为土质库岸，分布于滑坡前部。坡面形态：高程 175m 以上地形为平台和土坎，整体平均坡角 15°；平台宽 20~30m，土坎高 5~6m，土坎坡角 65~70°；组成物质主要为粉质粘土夹碎块石；高程 145~175m，为滑坡中部的缓坡，坡角 15~25°，局部土坎，土坎高 4~5m，其坡角 45~60°，组成物质以粉质粘土夹碎块石为主。145m 以下为多层结构，上层为滑体土，中层为冲洪积卵砾石层，下为基岩。

2.16.4.2 塌岸的主要形式及成因

根据本区岸坡工程地质条件与变形机制，塌岸类型为滑移型：由于库水的影响，使局部或整体产生滑移变形。

库水位的消涨是影响塌岸的主要因素，其影响主要表现在以下几个方面：

- 1. 库水的长期浸泡，使得岸坡岩土体的强度降低，当岩土体强度降低到一定程度时，岸坡将产生坍塌或者局部的滑移变形；
- 2. 库水波浪的冲蚀作用，使得岸坡产生侵蚀型再造；
- 3. 库水位在短时间内的回落，使得岸坡岩土体中的地下水不能及时的消散，将在坡体内形成动水压力，导致岸坡产生失稳破坏。

2.16.4.3 塌岸预测

根据实测地形剖面，塌岸预测利用图解法（图 3-16-2）。根据实际条件和经验，参数选取以 175m 高程以上稳定坡角 28°，145~175m 高程之间稳定库岸坡角 16°，145m 高程以上稳定坡角 13°分析，由于滑坡前部斜坡坡度相对较大，中部平缓，塌岸主要发生在 145m 高程以下，宽度为 71.5m，145~175m 高程地面坡度平缓，塌岸主要发生于前部 155m 高程以下，175m 高程以上为平台，塌岸宽度仅 6m，库岸塌岸的总宽度 184m，塌岸高程 178m。

图 3-16-2 老屋里滑坡库岸塌岸示意图

2.16.5 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.16.5.1 滑坡危害性分析

老屋里滑坡前缘剪出口高程 130m，后缘高程 214m。在滑体上居住有 xx 金盆村二社移民，现有移民 12 户；xx 出境交通干道奉一巫二级公路经过滑坡后部，受影响路段长 550m，金盆四级公路 750m。滑坡现处于变形蠕动期，如果滑坡一旦整体失稳滑动，将给当地居民生命、财产安全造成极大的威胁，给国家造成巨大损失，将严重影响当地的经济发展，给社会带来不安定因素。

2.16.5.2 实物调查指标

通过实地调查登记，对滑坡区及其影响区实物调查统计，受威胁的对象有：

- （1）鱼复区金盆二社移民 12 户 60 人，卫生院和预制场职工 6 人；
 - （2）住房建筑砖混结构，面积 2270m²， 砖木结构，面积 280 m²，土木结构，面积 290 m²；卫生院砖混结构，面积 198 m²，砖木结构，面积 20 m²，预制场场地面积 650 m²；
 - （3）水塘 3 口共 1600 m³；园地 15.5 亩；
 - （4）奉一巫二级公路 550m；金盆四级公路 750m。
- 折合总经费为 800 万元。

2.16.6 防治方案比较与建议

2.16.6.1 防治方案分述

（1）工程治理

根据滑坡的形态、结构特征及形成机制分析，考虑各种工况条件下的稳定性、滑坡的危害性，建议治理工程为抗滑支挡。在滑坡中前部高程 155~160m 一带，长度 110m，桩径 1.5×2.0m，桩心距 6m，共 19 根，平均桩长 20m，需钢筋砼 840m³，估计费用 150 万元。

（2）搬迁避让

从滑坡及其影响区实物调查资料表明，滑体上现有民居人口 66 人，按每人搬迁费用 3 万元，共需投资 198 万；奉一巫二级公路绕行，新修公路 2.5km，费用约 200 万，因此，滑坡体及影响区内其他建筑和公路，总投资费用 800 万。

（3）监测预警

布置地表位移监测点 4 个，深部位移监测点 1 个，监测时间为每 5~7 天一次，雨季和洪水期适当加密，一年共监测约 380 点·次，按 120 元/点·次综合计价，一年的监测费用为 4.5 万元。

2.16.6.2 防治方案比较与推荐意见

通过对上述方案的比较，本着合理有效，节约投资，以及社会效益、环境效益、经济效益相结合的原则，建议采用抗滑桩支挡工程治理方案。监测预警可以做到灾害预报，减少损失，但是无法阻止灾害的发生，可以结合工程治理布设监测点，指导施工和作为治理效果的信息反馈。

2.16.6.3 规划建议

- （1）老屋里滑坡现处于变形—蠕动阶段，建议对老屋里滑坡采取工程治理防治方案，治理总费用估算为 150 万元。因滑坡现在变形强烈，建议尽快治理。
- （2）建议在滑坡区停止新项目建设等不合理工程活动，完善滑坡区内的居民生活、生产用水的排水系统，做好集中排放，减少坡体生活用水的入渗。
- （3）老屋里滑坡现处于变形阶段，应加强对滑坡的动态监测，做好监测预警工作。
- （4）停止修建煤坪等对滑坡稳定性产生不利影响的工程，对于滑坡体强烈变形区的住户尽快撤离。

2.17 车家坝滑坡

2.17.1 车家坝滑坡地质特征

2.17.1.1 滑坡空间形态

车家坝滑坡位于 xx 公平镇梅溪河右岸，所在图幅（1/万）为车家坝、公平幅，地理坐标为 X=3446760，Y=36614495，由老滑坡—公平滑坡的局部复活而形成。

车家坝滑坡在外貌上总体呈缓坡状，坡角约 20~30°，后缘相对较缓，呈一宽缓的平台状，而前缘稍陡，局部呈小的台阶状，并发育有多条纵向小冲沟（照片 3-17-1）。

车家坝滑坡后缘外侧的陡壁与后缘缓平台之间地形突变非常明显，陡壁对高约 50m 左右，外形上呈椅状；侧缘周边均以小冲沟为界。

照片 3-17-1 车家坝滑坡全貌

车家坝滑坡纵向长约 500m，横向宽约 400m，平均厚度约 42m，面积约 $18\times10^4\text{m}^2$ ，体积

约 $806\times10^4\text{m}^3$ ；前缘高程 234m 左右，后缘高程 442m 左右，滑坡主滑方向约 30°。

2.17.1.2 滑坡物质组成及结构特征

- （1）滑体
据地面调查结果和钻探揭示，并结合物探资料分析，车家坝滑坡是沿土岩接触面滑动的土质滑坡，滑体厚度约 37~48m。滑体为粉质粘土夹角砾块碎石组成，稍密—中密；角砾块碎石的成分主要为砂岩，角砾含量约 10%左右，呈次棱角状；块石间断分布，粒径一般 40cm 左右，最大达 5m 左右；碎石含量约 20%左右，粒径一般 3~5cm，分布不均匀；土为粘土、粉质粘土，土红色、暗红色，稍湿，硬塑状，稍密~中密。
- （2）滑带
根据钻孔揭露，滑带埋深从上至下分别为 35.7m、47.4m、43.7m、37.7m，其厚度为 0.7~1.9m。滑带土的物质成分为含角砾碎石土，角砾碎石的含量约 15%，成分以砂岩为主，碎石有一定的磨圆性，碎石和土体可见挤压破碎特征，表面有磨光痕迹；土为粉质粘土，深红色，部分钻孔内还可见黑色的有机质，相对较湿，可塑状（照片 3-17-2、照片 3-17-3）。
- （3）滑床
滑床为侏罗系中统上沙溪庙组（J_{2s}）的砂岩，青灰色，中粒结构，中厚层构造，表面中等风化，岩层倾向 120°，倾角平缓，约 5°左右，最大 25°，岩体较完整，岩芯呈柱状。

照片 3-17-2 CJZK2 揭露的滑带土 照片 3-17-3 CJZK3 揭露的滑带土

2.17.1.3 滑坡水文地质

勘探资料表明，滑体内主要为松散层孔隙水，未见稳定的地下水位；区内基岩裂隙水，赋存于 J_{2s} 的砂岩及砂岩夹泥岩中，水位埋深大；在滑坡范围内及其周边未见泉点出露。

滑坡前缘为长江支流—梅溪河，其两侧及内部发育多条小冲沟，由南向北汇入梅溪河。小冲沟横断面呈“V”型，切割深度 1~3m，纵坡降约 35%左右，为雨水及生活污水的排泄通道。

2.17.1.4 滑带土物理力学性质

本次勘查工作中，在钻孔内取了 4 组滑带土样做物理力学试验，其中 2 组土的物理力学性质参见表 3-17-1。

表 3-17-1															车家坝滑坡滑带土物理力学性质一览表							
室	原	取	土依	土	含	密	比	饱	孔	孔	液	塑	塑	液	压	缩	试	验	抗	剪	强	度

内 编 号	样 编 号	样 深 度 (m)	规范 分类 GB/T 50123-1999	样 状 态	水 量 ω_0 (%)	度 ρ_0 g/cm ³	重 G_s	和 度 S_r (%)	隙 率 n (%)	隙 比 e_0	限 ω_L (%)	限 Ω_p (%)	性 指 数 I_p	性 指 数 I_L	压缩 模量 E_s (Mpa)	压缩系数 a_v (Mpa ⁻¹)				快 剪		多次剪		饱和直剪		饱和多次剪	
																0~ 0.05	0.05~ 0.1	0.1~ 0.2	0.2~ 0.3	内 摩 擦 角 ϕ (°)	内聚力 C (kp _a)	内 摩 擦 角 ϕ (°)	内聚力 C (kp _a)	内 摩 擦 角 ϕ (°)	内聚力 C (kp _a)	内 摩 擦 角 ϕ (°)	内聚力 C (kp _a)
256	CJZK3-1	42.86-43.10	粉质粘土	扰动	24.1	2.03	2.74	98	40	0.675	33.3	18.5	14.8	0.38	4.89	0.85	0.49	0.34	0.29								
257	CJZK4-1	33.80-34.50	粉质粘土	扰动	22.3	2.05	2.73	97	39	0.629	31.1	17.2	13.9	0.37	5.02	0.59	0.39	0.32	0.28	13.5	33	11.2	19	12.3	22	10.0	14

2.17.2 滑坡形成机制

2.17.2.1 滑坡变形特征及发育史

车家坝滑坡系老滑坡—公平滑坡的局部复活，为一土质滑坡。据记载 1979 年曾发生过大规模的滑动，并于 1993 年雨季再次发生较大规模的滑动，后缘老滑坡堆积物发生整体下错，形成目前明显的后缘外侧陡壁和后缘缓平台；据访问当地老乡得知，当时多家农户房屋遭严重破坏，被迫迁到滑坡外侧。目前公平老滑坡整体基本稳定，未有明显的变形迹象，但车家坝滑坡前缘在雨季经常发生局部的滑塌及土爬等（照片 3-17-4、照片 3-17-5）；滑坡体上的公路也有开裂及下错现象，裂缝最长达 30m，最大张开量达 14cm，最大下错量达 15cm（照片 3-17-6）；滑坡前缘的公路堡坎有外鼓现象；滑坡体上的房屋也有变形裂缝。

照片 3-17-4 滑坡前缘变形迹象

照片 3-17-5 滑坡前缘变形迹象

2.17.2.2 滑坡影响因素分析评价

（1）地层岩性及结构特征

整个滑坡区的基岩为砂岩夹泥岩，软硬相间，受产状为 190∠70°和 290∠85°的两组节理裂隙及层面（产状为 120∠5°）的控制，公平老滑坡后缘发育有滑移拉裂式的变形体（照片 3-17-7），而车家坝滑坡后缘外侧为一陡壁，主要由大块石和块碎石组成。目前变形体和陡壁均处于临界稳定状态，一旦失稳，将会对滑坡后缘起到加载作用，从而促进滑坡的发展。

照片 3-17-6 滑坡上的公路裂缝

照片 3-17-7 老滑坡后缘滑移拉裂变形体

（2）河流的冲刷

车家坝滑坡位于梅溪河右岸，在丰水期常受到河水的冲刷，将使滑坡前缘进一步临空、破坏脚，不利于滑坡的稳定。目前滑坡前缘公路边已有变形迹象，若河水长期冲刷，必将促进滑坡的进一步发展。

（3）大气降水

据气象资料显示，滑坡区温暖潮湿、雨量充沛，并且多为连雨、暴雨，地表排水条件一般，大量的雨水不能及时排泄，容易渗入滑体内，从而降低滑坡的力学性质和抗滑能力，利于滑坡的发生。

（4）人类工程活动

滑坡体上的房屋和公路的修建，增加了荷载、扰动了滑坡的原有状态，再加上生活污水的随意排放，均不利于滑坡的稳定。

2.17.2.3 滑坡成因机制分析

车家坝滑坡为公平老滑坡的局部复活形成的，整体上为土质滑坡。据地面地质调查、深部钻孔勘探及实地走访，该滑坡主要是由于后缘崩塌加载、前缘牵引和暴雨的共同作用而形成的。滑坡后缘外侧为一陡壁，坡角约 50°，高约 50m，主要由大块石及块碎石组成，故极易发生崩滑，崩塌物堆积在滑坡后缘的缓平台上，增加了滑体的荷载，促进了滑坡的发展。

滑坡前缘在河水冲刷和公路开挖的作用下，局部发生土溜、土爬及小规模滑塌，这些变形破坏的进一步的发展对整个滑坡起到了牵引作用。

暴雨是滑坡的触发因素。滑坡后缘的加载和前缘变形破坏的牵引，使滑坡处于临界稳定状态甚至潜在不稳定状态，在暴雨触发下，可能发生较大规模的复活滑动。

2.17.3 滑坡稳定性分析评价

2.17.3.1 滑坡变形动态分析

公平老滑坡的能量已基本释放完全，目前处于基本稳定状态，其上面多年前修建的建筑物没有变形迹象；而车家坝滑坡是公平老滑坡的局部复活，并曾于 1979 年和 1993 年活动过，分析认为这两次的活动均是由于后缘加载、前缘牵引及暴雨诱发而引起的；目前，车家坝滑坡整体上处于临界稳定状态，但局部已有变形迹象，若不进行及时的治理，仍有再次滑移的可能。

2.17.3.2 滑坡稳定性计算与分析

（1） 本次计算采用纵剖面 1-1’ 作为计算剖面（见图 3-17-1）

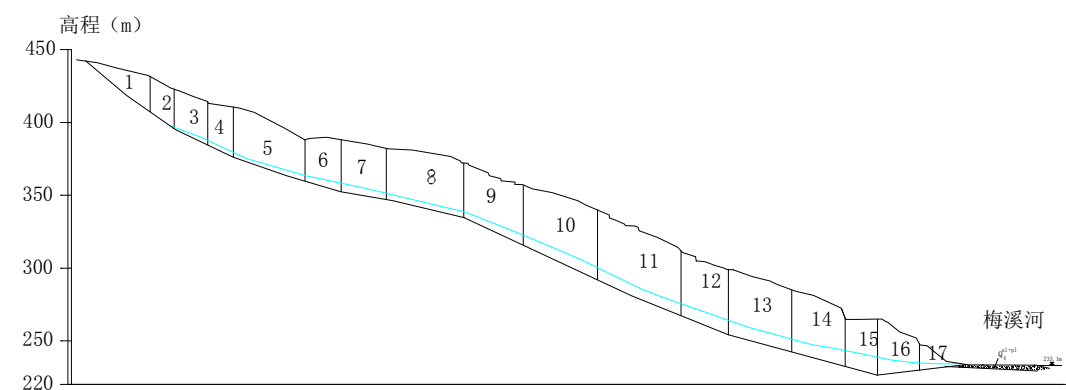


图 3-17-1 稳定性及推力计算剖面图

(2) 计算方法

滑坡滑动面近似折线型，本次计算采用一般条分法、毕肖普法和传递系数法对滑坡的稳定性分别进行计算，以传递系数法的计算结果为分析依据并对滑坡的推力进行了计算，各类计算公式参见港航砖厂滑坡一节。

(3) 计算工况

车家坝滑坡为不涉水滑坡，确定以下三种工况计算。

工况（一）：自重+地表荷载+动荷载+5 年一遇暴雨

工况（二）：自重+地表荷载+动荷载+50 年一遇暴雨

工况（三）：自重+地表荷载+动荷载+地震+5 年一遇暴雨

由于滑体厚度较大，且滑体内无地下水，暴雨不能够使整个滑体饱水，故大气的降水入渗深度根据渗流速度和入渗时间来确定。由于大气降水为垂直入渗，故水力坡度为 1，根据钻孔注水试验，渗流系数取 0.4m/d，故渗流速度为 0.4m/d；5 年一遇暴雨的入渗时间为连续降雨 15 天，50 年一遇的暴雨的连续入渗时间为连续降雨 20 天。计算结果见表 3-17-2。

表 3-17-2 车家坝滑坡 1-1 剖面剩余下滑力计算表

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	1	9687.540	56.065	38.226	25.000	19.500	1.132	1.20	3096.673
	2	7759.225	21.275	34.893	25.000	19.500			5568.404
	3	10868.669	24.435	25.527	25.000	19.500			6709.717
	4	9987.683	19.534	25.437	25.000	19.500			8171.522
	5	28573.930	51.994	18.491	25.000	19.500			7740.241
	6	14677.426	25.577	16.373	25.000	19.500			6972.397
	7	20007.822	31.879	9.843	25.000	19.500			2973.154

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
I	8	36332.016	54.621	13.100	25.000	19.500	1.050	1.10	-986.780
	9	27780.234	45.098	24.917	25.000	19.500			3995.551
	10	41236.016	56.339	25.000	25.000	19.500			10281.991
	11	47687.781	62.317	23.171	25.000	19.500			16571.971
	12	26209.256	35.187	21.892	25.000	19.500			19846.631
	13	35600.195	45.163	15.264	25.000	19.500			18443.869
	14	28572.547	38.196	15.255	25.000	19.500			18207.559
	15	14676.616	22.699	15.248	25.000	19.500			18115.846
	16	16068.159	29.077	-6.834	25.000	19.500			6902.452
	17	4619.637	32.401	-6.842	25.000	19.500			4131.864
II	1	9687.540	56.065	38.226	25.000	19.500	1.050	1.10	2763.645
	2	7759.225	21.275	34.893	25.000	19.500			5012.315
	3	10868.669	24.435	25.527	25.000	19.500			6023.607
	4	9987.683	19.534	25.437	25.000	19.500			7331.468
	5	28573.930	51.994	18.491	25.000	19.500			6821.887
	6	14677.426	25.577	16.373	25.000	19.500			6056.572
	7	20007.822	31.879	9.843	25.000	19.500			2308.315
	8	36332.016	54.621	13.100	25.000	19.500			-1488.258
	9	27780.234	45.098	24.917	25.000	19.500			3589.107
	10	41235.461	56.339	25.000	25.000	19.500			9265.428
	11	47685.730	62.317	23.171	25.000	19.500			14974.104
	12	26209.240	35.187	21.892	25.000	19.500			17974.123
	13	35600.258	45.163	15.264	25.000	19.500			16662.771
	14	28572.547	38.196	15.255	25.000	19.500			16428.809
	15	14676.616	22.699	15.248	25.000	19.500			16337.772
	16	16068.159	29.077	-6.834	25.000	19.500			5920.624
	17	4619.637	32.401	-6.842	25.000	19.500			3275.442
III	1	9687.540	56.065	38.226	25.000	18.500	0.983	1.10	2645.815
	2	7759.225	21.275	34.893	25.000	18.500			4810.988
	3	10868.669	24.435	25.527	25.000	18.500			5744.442
	4	9987.683	19.534	25.437	25.000	18.500			6954.063
	5	28573.930	51.994	18.491	25.000	18.500			6223.108
	6	14677.426	25.577	16.373	25.000	18.500			5341.827
	7	20007.822	31.879	9.843	25.000	18.500			1473.501
	8	36332.016	54.621	13.100	25.000	18.500			-2648.422

工 况	条块 号	条块重量 (kN/m)	滑面长 (m)	滑面倾 角(°)	内聚力	内摩擦 角(°)	稳定 系数	安全 系数	剩余下滑 力(kN/m)
					(kPa)				
	9	28173.092	45.098	24.917	25.000	18.500			3795.371
	10	42877.434	56.339	25.000	25.000	18.500			11436.455
	11	49492.738	62.317	23.171	25.000	18.500			19304.541
	12	26873.508	35.187	21.892	25.000	18.500			23108.268
	13	36047.996	45.163	15.264	25.000	18.500			21959.111
	14	28703.314	38.196	15.255	25.000	18.500			21562.209
	15	14854.194	22.699	15.248	25.000	18.500			21459.652
	16	16321.389	29.077	-6.834	25.000	18.500			10153.772
	17	4774.262	32.401	-6.842	25.000	18.500			7585.566

2.17.3.3 滑坡稳定性综合分析和预测评价

车家坝滑坡在遭遇 5 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.132，处于基本稳定状态；在遭遇 50 年一遇暴雨时稳定性系数为 1.050，处于潜在不稳定状态；在遭遇 5 年一遇暴雨加地震时稳定性系数为 0.983，处于不稳定状态（见表 3-17-3）。

表 3-17-3 滑坡稳定性系数表			
	一般条分法	毕肖普法	传递系数法
工况（一）	1.055	1.06	1.132
工况（二）	1.052	1.057	1.050
工况（三）	1.01	1.016	0.983

综合车家坝滑坡目前的变形迹象和室内计算成果，车家坝滑坡目前整体上处于临界稳定状态，在 5 年一遇暴雨、50 年一遇暴雨及 5 年一遇暴雨加地震的情况下发生再次局部或整体滑动的可能性非常大。

2.17.4 滑坡危害性分析及实物指标调查

2.17.4.1 滑坡危害性分析

车家坝滑坡位于 xx 公平镇上，渝巴公路从该滑坡体上经过。滑坡体上及附近有公平镇居委会的居民房屋、长龙中学、公平粮站、建筑公司、幼儿园等单位及其建筑设施，滑坡一旦失稳，将造成非常严重的后果，具体分述如下。

- （1）滑坡前缘有明显的变形迹象，威胁着渝巴公路的正常运营和公平大桥安全；
- （2）滑坡一旦失稳,将影响长龙中学的正常教学秩序及师生和居民生命财产安全；

（3）威胁着公平粮店、建筑公司等的工作秩序和工作安全；

（4）公平镇是移民安置区，滑坡失稳将影响移民工作的顺利进行，并带来负面的社会效应。

2.17.4.2 实物指标调查

（1）威胁公平镇居委会 1~3 组居民 96 户共 610 人，砖混结构，房屋面积 12842.8m²，砖木结构，房屋面积 565 m²，土木结构，房屋面积 1040 m²。

（2）威胁镇属单位及长龙中学部分建筑。中学办公楼、教师宿舍及其它建筑，框架结构，房屋面积 1335.1 m²，砖混结构，房屋面积 3485m²，师生职工人数 310 人；公平粮站职工 83 人，砖混结构，房屋面积 4912.9m²，砖木结构，房屋面积 3378 m²，100m² 的油罐一个，180 千伏的变压器一台；建筑公司职工 24 人，砖混结构，房屋面积 780 m²；幼儿园师生 32 人，框架结构，房屋面积 1230 m²。

（3）渝巴二级公路 935m，四级公路 415m，110m 长的公平大桥一座，15m 长的桥涵一座，广播电视放大器 32 个，2500m 长的输电线。
折合总费用为 6000 万元。

2.17.5 防治方案比较与建议

2.17.5.1 防治方案分述

（1）工程治理

结合滑坡的实际情况，对车家坝滑坡采用抗滑桩、桩前反压加地表排水的工程治理措施。抗滑桩的设置位置在滑坡前缘渝巴公路的外侧，该段滑面形态平缓、埋深较浅，下滑力减小。该处地面高程约 245~247m，治理宽度约 360m，平均桩长 15m，截面 1.5m×2.5m，共 60 根，需资金 405 万元。

根据滑坡的前部有平缓段和阻滑段，在滑坡抗滑桩前部采取压脚和抗滑桩后部削坡回填措施，需土石方 15 万 m³，需费用 100 万元。

坡体上纵向冲沟较多，可以对其进行浆砌、补漏、加长，将其改造成为地表排水沟，总长约 1500m，需费用 15 万元。

滑坡工程治理的总费用为 520 万元。

（2）搬迁避让

根据实物调查，受到车家坝滑坡影响的人和财产及公共设施总经济价值约 6000 万元。按 xx 移民局有关移民搬迁标准，搬迁费用需 4000 万元。

经济损失和搬迁费用合计 1 亿元。

（3）监测预警

布置一条纵向监测剖面 and 一条横向监测坡面，其中深部测斜孔 5 个，地面监测点 10 个，监测时间为每 15 天一次，雨季适当加密，一年深部测斜孔的监测工作量约 160 点·次，一年地面监测点的工作量约 320 点·次，深部测斜孔的单价按 500 元/点·次计算，地面监测点单价按 100 点·次计算，一年的监测费用为 11.5 万元。

2.17.5.2 防治方案比较与推荐意见

通过对比上述三种措施，进行工程治理比搬迁避让经济合算，另外 xx 适合用于城镇建设的土地资源十分短缺，搬迁避让难度极大，监测预警虽然投资较少，但不能根除滑坡灾害。据估算实施滑坡工程治理的费用约 520 万元，治理费用远远低于搬迁经费，而且工程治理的社会效益、经济效益及环境效益显著，因此建议对车家坝滑坡采取工程治理的防治方案。

2.17.5.3 规划建议

- （1）车家坝滑坡曾于 1979 年和 1993 年两次发生较大规模的滑动，目前仍有变形迹象，特别是前缘变形迹象明显，一旦失稳将会造成极大的危害；
- （2）通过对比工程治理和搬迁避让，进行工程治理比较经济，且工程治理的经济效益、社会效益及环境效益显著，故建议尽快对车家坝滑坡进行工程治理，同时做好监测预警工作；
- （3）滑坡的工程治理应该与当地的规划建设紧密结合，滑坡区内应严格限制或禁止不利于滑坡稳定的任何工程活动；
- （4）建议尽早开展滑坡灾害的地质灾害勘查工作，进一步查明滑坡的成因机制，以利于采取有针对性的具体治理措施，达到防灾减灾的目的。

3xx 滑坡、泥石流规划调（勘）查成果综述

3.1 xx 滑坡、泥石流发育规律及复活机制分析

通过本次规划调（勘）查的 16 个滑坡点和 1 个泥石流点的调（勘）查资料综合分析，对 xx 滑坡、泥石流的发育分布规律及复活机制分如下认识：

1、发育分布特点

滑坡总体呈集中分布的特点，并主要集中分布于长江和梅溪河沿岸。本次勘查的 17 个灾害点中，茶土坡滑坡、严家坡滑坡、安渡滑坡、李家大沟泥石流、铁合金厂滑坡等 5 个分布于长江南北两岸；陈家沟滑坡、老屋里滑坡、郭家二社滑坡、两河口滑坡、芝麻田滑坡、瓦子坪滑坡、车家坝滑坡等 7 个滑坡分布于梅溪河沿岸；分布与长江与梅溪河沿岸滑坡数分别占总数

的 47%、53%。

滑坡前缘剪出口主要集中分布在高程 100-170m 之间，滑坡发育与复活大多与水库蓄水密切相关，如陈家沟滑坡、老屋里滑坡、郭家二社滑坡、两河口滑坡、芝麻田滑坡、茶土坡滑坡、严家坡滑坡、安渡滑坡、铁合金厂滑坡等。特别是老屋里滑坡在蓄水前处于基本稳定状态，2003 年 6 月蓄水后即加剧滑动失稳、变形破坏。

2、滑坡的类型

按滑体物质组成可分为基岩滑坡与第四系松散堆积型滑坡两种。

1）基岩滑坡

该类滑坡的滑体物质由巴东组第三段泥质灰岩、泥灰岩与巴东组第二段粘土岩、泥质粉砂岩组成，因滑坡破坏多呈块状、碎块状。该类滑坡多分布于岩层逆向坡的缓倾谷坡地带，呈上硬下软的不利地质结构，滑坡规模较大，滑坡体前缘滑舌形态明显，后缘地形呈圈椅状。巴东组第二段的软弱岩体与第三段内的岩性相对软弱岩层充当了该类滑坡的滑带，如茶土坡滑坡、严家坡滑坡、安渡滑坡、乌龟包滑坡、铁合金厂滑坡等。

2）第四系松散堆积型滑坡

该类滑坡物质主要为山体崩坡积块石、碎石夹粘土组成，结构松散或呈架空状，滑体物质分选性较差，平面上有一定的分布特点，前缘块石粒径较小，往后块石粒径逐渐变大。滑带位于松散层与下伏基岩界面处，如郭家二社滑坡、两河口滑坡、芝麻田滑坡、瓦子坪滑坡等。

3、发育规律及复活机制分析

xx 县境内长江南岸处于朱衣倒转背斜东延端次级褶皱永乐倒转背斜轴部，滑坡主要由软弱岩性与复杂的构造挤压破碎双重因素的影响，规模稍大的永乐滑坡与铁合金厂滑坡均发生于永乐倒转背斜轴部一带。这些滑坡多发生在顺向坡或视顺向坡地段，主要受控于不利地质结构面（如层面等）与软弱的岩性。

xx 县境长江北岸三马山至宝塔坪一带滑坡发生主要受控于节理裂隙与层间错动带交错分布的不利地质结构。斜坡岩体主要为巴东组第三段泥灰岩构成的半坚硬岩体陡坡。在长江河谷下切过程中，伴随弹性应变能的释放，斜坡岩体产生垂向卸荷以及向河谷临空方向的侧向应力扩张，造成区域性的变形破裂，控制了大规模崩塌及滑坡的产生；区内深切沟谷发育，切割深度达 30~60m，这为松散堆积型滑坡及古滑坡低序次的复活提供了临空条件，同时也为泥石流的发生提供了条件，如李家大沟泥石流沟。灾害性气候是其发生的触发因素

梅溪河下游金盆地段两岸处于庙梁子背斜北西翼，岩层产状倾向上游偏右岸，岸坡为视顺向坡，老屋里滑坡、水田坝滑坡、何家湾东滑坡均是受层面控制而发生的。

梅溪河往中游方向的滑坡发育主要受侏罗系砂泥岩互层的软硬相间岩体结构控制。斜坡厚

层砂岩出露地段常为陡壁，节理裂隙较发育，易发生崩塌，缓坡地段为泥岩，泥岩遇水易软化，因此，两岸松散堆积崩滑体发育，如郭家二社滑坡、两河口滑坡、芝麻田滑坡、瓦子坪滑坡、车家坝滑坡等。

xx 县境内长江南北两岸和梅溪河沿岸滑坡具备了利于滑动变形的地质结构，在外力因素诱发下即可局部或整体复活。

3.2 xx 滑坡、泥石流规划调（勘）查成果汇总

本次规划调（勘）查的 16 个滑坡点和 1 条泥石流，其中有 11 个涉水滑坡、6 个位于移民

迁建区。总面积 $434\times10^4\text{ m}^2$ ，总方量约 $5797\times10^4\text{ m}^3$ 。威胁住户 4952 户，人口 24226 人，威胁资产约 13 亿元（表 4-1）。

目前不稳定的滑坡：.郭家二社滑坡、安渡滑坡、老屋里滑坡、刘家包变形体 4 个。

目前基本稳定的滑坡为：港航砖厂滑坡、乌龟包滑坡、严家坡滑坡、陈家沟滑坡、铁合金滑坡、陈家包滑坡 6 个。

表 4-1 xxxx 三期地质灾害防治规划拟工程治理类崩塌滑坡规划调（勘）查结果汇总表

本表序号	分县序号	图面编号	崩滑体名称	区县名	乡镇名称	村组名	河流名称	岸别	河口距离(km)/距坝址	所在图幅（1 / 万）名称及编号	坐标(1/万)公里坐标		高 程(m)		规 模（面积、体积）		稳定状态		近期变形情况	影响对象		其他情况及危害损失	防治经费(万元)	备注
											X	Y	前缘	后缘	(10 ⁴ m ²)	(10 ⁴ m ³)	蓄水前	蓄水后		户	人			
1	1	1	港航砖厂	奉节	永安镇	朝阳社区	朱衣河	左	距朱衣河河口4km/距 xx 大坝168km	口前 H-49-28-（56）	3434386	36638610	208	293	0.66	5.3	基本稳定（现在）	潜在不稳定（将来）	后缘房屋墙面轻微开裂	252	772	港航砖厂，县城头道河小区,威胁资产 2100 万元	212	不受蓄水影响
2	2	2	乌龟包	奉节	永安镇	香山社区	朱衣河	左	距朱衣河河口4.5km/距 xx 大坝168km	口前 H-49-28-（56）	3434334	36638557	210	450	16	560	基本稳定（现在）	潜在不稳定（将来）	后缘拉裂	1569	5462	港航砖厂，县城王家坪小区,威胁资产 8000 万元	2000	不受蓄水影响
3	3	3	茶土坡	奉节	永安镇	茶店社区	长江	左	距 xx 大坝 157km	xxH-49-29-（49）、李家坝 H-49-28-（57）	3436970	37358485	150	300	7.8	93.6	潜在不稳定	潜在不稳定	公路房屋开裂严重路面沉降、后缘弯曲拉裂	1167	4658	沿江大道、一号桥、茶店小区,威胁资产 8000 万元	2300	
4	4	4	严家坡	奉节	永安镇	康宁村	长江	左	距 xx 大坝 159km	口前 H-49-28-（56）	3436150	36643055	1#：170 2#：160	1#：290 2#：280	11.69	545	基本稳定	潜在不稳定	滑坡后援缘位裂前缘隆起	359	738	沿江大道、六号桥、通讯线路东汽奉节站,威胁资产 11000 万元	2200	2 个滑坡
5	5	5	郭家二社	奉节	康乐镇	郭家 2、7 组	梅溪河	右	距梅溪河口15km/距 xx 大坝171km	郭家沟 H-49-27-（47）、寂静坝 H-49-27-（48）	3443785	36637136	162	275	15.2	450	不稳定	不稳定	地面多处裂缝建筑开裂	87	391	渝巴公路、输电线路,威胁资产 1000 万元	1035	
6	6	6	安渡	奉节	永乐镇	安渡村 7 组	长江	右	距 xx 大坝 160km	口前 H-49-28-（56）	3434922	36641190	2#：157.7 1#：137.7	2#：251 1#：289.6	10.13	293.6	潜在不稳定/不稳定	不稳定	右侧滑体发生垮塌滑动/左侧滑体后缘及中部发生下错开裂	12	52	奉节长江大桥,威胁资产 24800 万元	1314	2 个滑坡
7	7	7	芝麻田	奉节	石岗乡	两河村 1~3 组	梅溪河	左	距梅溪河口29km/距 xx 大坝185km	任家坝 H-49-27-（38）、罗汉殿 H-49-27-（46）、	3445657	36627503	157.6	255.1	15.1	340	潜在不稳定	潜在不稳定	滑坡前部有裂缝	187	1580	石岗乡希望小学,威胁资产 7918 万元	305	
8	8	8	两河口	奉节	石岗乡	两河口 7 组	梅溪河	左	距梅溪河口28km/距 xx 大坝184km	任家坝幅 H-49-27-（38）	3445548	36628887	165	270	6.25	100	潜在不稳定	不稳定	后缘地面开裂，前缘垮塌	5	22	复建大桥及公路 200m,威胁资产 1000 万元	600	
9	9	9	李家大沟	奉节	永安镇	明月、朝阳、步行社区	长江	左	距 xx 大坝 168km	口前 H-49-28-（56）	3433150	36639502	沟口 135	沟源 950	264	630	易发	易发	物源区及沟内松散堆积物多,斜坡垮塌现象严重	182	654	政通桥、沿江道及建筑:框架 4117m2，砖混 13808m2,威胁资产 25000 万元	1640	
10	10	10	陈家沟	奉节	鱼复区	窑湾村 7 组	梅溪河	左	距 xx 大坝 156km	xxH-49-29-（49）	3437550	37360150	135	325	16	960	基本稳定	潜在不稳定	地面房屋开裂地表监测位移明显	44	600	渝巫公路、桥、居民,威胁资产 3000 万元	1700	
11	11	11	铁合金厂	奉节	永乐镇	幺店村	长江	右	距 xx 大坝 158km	李家坝 H-49-28-（57）	3434761	36602085	140	245	6.5	170	基本稳定	潜在不稳定	前缘垮塌、路面开裂	54	205	永乐镇移民迁建区,威胁资产 5000 万元	920	
12	12	12	瓦子坪	奉节	明水乡	瓦子坪村	梅溪河	左	距梅溪河口44km/距 xx 大坝200km	车家坝 H-49-27-（36）、石岗坪 H-49-27-（37）	3445933	36693367	195	345	24.75	600	潜在不稳定（现在）	不稳定（将来）	滑坡体上房屋公路开裂	173	4501	搬迁明水中学、瓦子坪小学、渝巴公路、水文站,威胁资产 5000 万元	549	不受库水位影响
13	13	13	刘家包	奉节	永安镇	朝阳社区	长江	左	距 xx 大坝 168km	口前 H-49-28-（56）	3434922	36639729	235	310	6.5	235	不稳定（现在）	不稳定（将来）	滑坡体上房屋公路开裂	100	500	移民迁建区、威胁资产 5000 万元	1545	不受库水位影

表 4-1 xxxx 三期地质灾害防治规划拟工程治理类崩塌滑坡规划调（勘）查结果汇总表

本表序号	分县序号	图面编号	崩滑体名称	区县名	乡镇名称	村组名	河流名称	岸别	河口距离(km)/距坝址	所在图幅(1 / 万)名称及编号	坐标(1/万)公里坐标		高 程(m)		规 模 (面积、体积)		稳定状态		近期变形情况	影响对象		其他情况及危害损失	防治经费(万元)	备注
											X	Y	前缘	后缘	(10 ⁴ m ²)	(10 ⁴ m ³)	蓄水前	蓄水后		户	人			
																								响
14	14	14	陈家包	奉节	鱼复区		长江	左	距 xx 大坝 155km	xxH-49-29-（49）	3436900	37361320	231	420	9	200	基本稳定	潜在不稳定	前缘局部垮塌房屋开裂	553	2960	移民统建、奉节师范、公路桥梁等, 威胁资产 9000 万元	1700	
15	15	15	水田坝	奉节	金盆小区	金盆村	梅溪河	左	距梅溪河口 3km/距 xx 大坝 159km	xxH-49-29-（49）	3439220	37358250	130	214	3. 15	35	潜在不稳定	潜在不稳定	地面多处裂缝	12	60	奉溪公路航道, 威胁资产 3000 万元	1430	
16	16	16	老屋里	奉节	鱼复区	金盆村	梅溪河	左	距梅溪河口 3. 5km/距 xx 大坝 159. 5km	xxH-49-29-（49）	3439547	36644655	130	214	3. 2	40	不稳定	不稳定	地面多处裂缝	12	66	奉溪公路航道、卫生院, 威胁资产 500 万元	150	
17	17	17	车家坝	奉节	公平镇	车家坝村	梅溪河	右	距梅溪河口 56km/距 xx 大坝 212km	公平 H-49-27-（44）、车家坝 H-49-27-（36）	3446760	36614495	234	442	18	540	潜在不稳定	不稳定	前缘局部垮塌房屋开裂	184	1005	云奉公路、粮站及移民, 威胁资产 5000 万元	500	不受库水位影响

目前潜在不稳定滑坡：茶土滑坡、芝麻田滑坡、两河口滑坡、瓦子坪滑坡、车家坝滑坡、水田坝滑坡 6 个。

李家大沟为高易发泥石流沟。

xx 水库蓄水后，不稳定滑坡有.郭家二社滑坡、安渡滑坡、老屋里滑坡、刘家包变形体、瓦子坪滑坡、两河口滑坡、车家坝滑坡 7 个，其余滑坡在未来均为潜在不稳定滑坡。

3.2.1 建议规划为工程治理的崩塌滑坡

xx 三期地质灾害防治规划调（勘）查的成果建议规划为工程治理的滑坡有：港航砖厂滑坡、乌龟包滑坡、茶土坡滑坡、严家坡滑坡、郭家二社滑坡、安渡滑坡、芝麻田滑坡、两河口滑坡、李家大沟泥石流、陈家沟滑坡群、铁合金厂滑坡、瓦子坪滑坡、刘家包滑坡、陈家包滑坡、水田坝滑坡、老屋里滑坡、车家坝滑坡共 17 个。工程治理费用估算为 19688 万元。

3.2.2 建议规划为搬迁避让的崩塌滑坡

根据对 17 个规划调（勘）查点搬迁避让方案与工程治理方案的对比后，各规划勘查点中仅有水田坝滑坡、安渡滑坡建议工程治理与搬迁避让结合。

3.2.3 建议规划为监测预警的崩塌滑坡

根据对 17 各滑坡、泥石流的规划调（勘）查，建议对 17 个滑坡、泥石流在工程治理实施前应进行监测预警。

3.2.4 建议规划为不处理的崩塌滑坡

xx 三期地质灾害崩塌滑坡规划调（勘）查的 17 个滑坡、泥石流中，没有不处理的滑坡、泥石流。

4 结语

4.1 主要成果

1、根据任务书完成了调（勘）查的地质灾害共计 17 处，其中滑坡 16 处，泥石流 1 处。完成了点位测量 374 点，剖面测量 20573m，地面测绘 9.19km²，钻探进尺 1978.15 m，探井 161.9m，槽探 1511.8m³，高密度电测深 13270m，滑带土取样 131 组。

2、通过地面调查、勘探工作基本查明了 17 个灾害点的地形地貌特征、边界范围、滑带埋深、滑坡的物质组成及结构特征、水文地质条件等空间要素特征。

3、通过地面调查测绘及访问基本掌握了 16 个滑坡的变形特征和发育史、1 个泥石流灾害发育史和堆积区、流通区、物源区特征以及汇水条件。

4、通过定性综合地质分析与相应的定量计算初步评价预测了 16 个滑坡的稳定性状况和 1 条泥石流沟的易发程度，并提出了防治对策与规划建议。

5、通过实物指标调查，详细分析了各灾害点危害性，论述了工程治理的必要性和重要性，并就工程治理、搬迁避让和监测预警等三种方案进行了比选。

4.2 主要结论

1、通过本次调（勘）查初步认为，茶土坡滑坡、严家坡滑坡、铁合金厂滑、陈家沟滑坡、乌龟包滑坡等为岩质滑坡；港航砖厂滑坡、安渡滑坡、老屋里滑坡、郭家二社滑坡、两河口滑坡、芝麻田滑坡、瓦子坪滑坡、车家坝等为土质滑坡。

根据定性与定量计算评价预测，蓄水后的港航砖厂滑坡、茶土坡滑坡、严家坡滑坡、铁合金厂滑、陈家沟滑坡、芝麻田滑坡、乌龟包滑坡等 7 个滑坡为潜在不稳定滑坡；安渡滑坡、老屋里滑坡、郭家二社滑坡、两河口滑坡、瓦子坪滑坡、车家坝滑坡等 6 个滑坡为不稳定滑坡。

2、目前瓦子坪滑坡、郭家二社滑坡、两河口滑坡、安渡滑坡、老屋里滑坡等 5 个滑体上房屋、地表变形破坏已十分严重，特别是瓦子坪滑坡和郭家二社滑坡目前滑动失稳的可能性极大，应加强监测预警工作。

3、李家大沟泥石流流沟形成区汇水面积较大，中游地段工程建设活动强烈，沟谷两侧小型崩塌滑坡、土溜等极为发育，物源丰富，流通区内沟谷堵塞严重，在大暴雨条件下发生泥石流的可能性较大。政府部门应专门建立监测机构，上游地段实施生物与工程治理措施，全流域地段严禁规划工程建设项目。

4.3 存在问题与下一步工作建议

4.3.1 存在问题

1、钻探中的问题

（1）由于钻探工艺、设备水平和碎裂岩体的制约，在岩芯中判断滑带和软弱面较为困难，甚至无法判断，如茶土坡滑坡、严家坡滑坡、铁合金厂滑、陈家沟滑坡、乌龟包滑坡等。

（2）由于部分滑体物质为泥灰岩碎裂岩体，十分破碎，钻探过程中垮孔非常严重、钻进困难，严重影响了整体工程进度；

2、实物调查中的问题

实物调查中获取居民身份证或户口本复印件十分困难，并容易造成不利影响；

3、设计工作量变更的问题

由于部分灾害点为新发生灾点，无任何前人勘探资料，踏勘过程又较为仓促，未能很好地预测勘探深度，因而造成钻探等工作量的变更调整。

4.3.2 下一步工作建议

1、鉴于本次调勘查 17 个灾害点危害对象的重要性及稳定程度，建议全部纳入三期工程治理，

并尽早开展地质勘查工作，进一步论证工程治理的必要性和合理性，以达到科学减灾防灾目的。

2、目前房屋、地表等变形破坏极严重的滑坡除应尽早实施工程治理外，还应尽早建立监测预警系统和切实可行的防灾预案，加强专业监测。对瓦子坪滑坡、郭家二社滑坡和老屋里滑坡还应对房屋破坏严重和直接受威胁的住户实施搬迁，以防灾害发生造成人民生命和财产损失。

3、茶土坡滑坡、严家坡滑坡、铁合金厂滑、陈家沟滑坡、乌龟包滑坡等岩质滑坡其滑体以泥灰岩、泥岩碎裂岩体为主，本次调（勘）查由于时间和施工工艺设备的限制未能很好地取到滑带或软弱带，而且由于设计工程量的限制有些钻孔未能揭露深层岩体结构，从而未能查清滑坡的成因机理，建议在下一步的勘查工作中，除注重提高钻探工艺设备水平的同时，还应有一定数目的深孔控制，揭露深层滑带。此外郭家二社滑坡有些部位尚需进一步揭露深层基岩面。

4、本次规划调（勘）查由于钻孔数量的限制，对滑床形态的揭示不够准确，有待下一步工作深入揭示。

5、本次规划调（勘）查的灾害点及影响区内应禁止或严格控制容易引发地质灾害的工程建设活动。

6、由于本次调（勘）查工作精度的限制，勘查成果仅供 xx 三期地质灾害防治规划使用。