井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡

排危除险项目实施方案

中建材西南勘测设计有限公司

二零二五年六月

井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡

排危除险项目实施方案

法 定 代 表 人：　孙铁钢　　职　称　：　教授级高级工程师

企业技术负责人：　杜晓东　　职　称　：　教授级高级工程师

审　定　人　：　黄文勇　　职　称　：　教授级高级工程师

审　核　人　：　张家胜　　职　称　：　教授级高级工程师

项 目 负 责 人：　黄　龙　　职　称　：　高级工程师

项目技术负责人：　艾其凯　　职　称　：　高级工程师

编　写　人　：　蒙泽谦　　职　称　：　工程师

提交单位：中建材西南勘测设计有限公司

提交时间：2025 年 6 月 26 日

资 质等级：地质灾害治理工程施工甲级　　证书编号：510020251220040
地　　址：成都市成华区龙潭工业园区华冠路 99 号　　邮　　编：610051
电　　话：028-86381266-703　　传　　真：028-84111

地质灾害防治单位资质证书

单位名称： 中建材西南勘测设计有限公司

住　　所： 四川省成都

资质类别： 地质灾害治理工程施工

资质等级： 甲级

证书编号： 510020251220040

有效期至： 2030 年 04 月 22 日

发证机关： 四川省自然资源厅

发证日期： 2025 年 04 月 23 日

中华人民共和国自然资源部监制

内 审 意 见 书:

报告编号: /　　第 一 次审查　　共 1 页，第 1 页

工程名称	井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡排危除险项目实施方案
承担单位	中建材西南勘测设计有限公司
专　业	排危除险
审查意见	一、工程概况 灾点属于井研县东林镇东光村 3 组，隐患点至井研县城经村道、乡道可直达，公路里程约 13km,总体交通较为便利。地理坐标为东经 104° 9′ 22.02″ ,北纬 29° 38′ 11.15″ 。 井研县东林镇东光村 3 组村民房屋后有两处灾害（崩塌与滑坡），崩塌位于村民屋后，地处构造剥蚀低山区，调查区地形标高在 430-400m，相对高差 30m，总体北高南低之势,受人类房屋修建等活动影响调查区内微地貌多呈平台-陡坡-缓坡。该灾害点发育一处危岩带，危岩带内划分为 4 个危岩。 危岩带位于勘查区西北侧上方，危岩带平面均呈条带状，呈东西方向展布。基岩大面积露头，第四系松散层和基岩界限明显，其中第四系覆盖层厚 1.0-1.5m。危岩带整体高 10-11m,横向宽度 35m 左右,坡向 198° ，坡体坡度为 65° 左右，局部较陡，基岩产状 330° ∠4° ，该危岩带边坡立面面积约 0.035 ×104m2。该区域出露基岩为砂岩，分布高程为 424-413m，最大高差约 11m，主崩方向 198° ,属顺向坡。危岩带发育有四个危岩体，主要由两组裂隙分割。 勘查区为构造剥蚀的低山区，该处微地貌呈陡坡-平台，陡坡坡度在 25° -30° 左右，局部较陡，滑坡前缘为村民房屋屋后，在现场调查区域内有一个滑坡,滑坡区地形标高在 398m-394m，相对高差 4-5m。滑坡平面均呈现“箕”型，滑坡两侧边界明显有下错现象，左右侧边界以后缘变形范围端点往下延伸方向为界，剪出口位于村民房屋屋后排水沟外侧底部，滑坡坡向约 112° ，岩层产状 330° ∠4° ，其中滑坡纵长约 4.0m，横向宽约 25m，滑坡面积约 0.010×104，滑体平均厚度约 2.0m，滑体体积约 0.02×104m3， 为小型土体滑坡 三、修改意见 1、校核剖面的地层结构，转换视倾角，应为顺向坡，且应调整剖面方向，尽量与危岩带所在斜坡等高线垂直。 2、校核文字图件内容。 3、锚杆间距适当增大，同时明确 WY4 范围，并使用加强锚杆进行加固。
审查结论	☑合格　☐不合格	违反强制性条文数	无
处理意见	☐不修改 ☑一般修改 ☐重大修改 ☐增加工作量	是否复审	否

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险项目

实施方案

内 审 组 专 家 组 名 单

组别	姓名	职称	签字
组长	杜晓东	教　高	
组员	黄文勇	教　高	
组员	王志鹏	高　工	

中建材西南勘测设计有限公司

2025 年 6 月 22 日

井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡排危除险项目

实施方案评审意见

2025 年 6 月 24 日，中建材西南勘测设计有限公司组织四川省第七地质大队、乐山市地环站等单位的专家组成评审委员会（名单附后），对中建材西南勘测设计有限公司编制提交的《井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡排危除险项目实施方案》进行了评审。评审组专家经评议，形成如下评审意见:

一、危岩带位于勘查区西北侧上方，危岩带平面均呈条带状，呈东西方向展布。基岩大面积露头，第四系松散层和基岩界限明显，其中第四系覆盖层厚 1.0-1.5m。危岩带整体高 10-11m,横向宽度 35m 左右，坡向 198°，坡体坡度为 65°左右，局部较陡，基岩产状 330°∠4°，该危岩带边坡立面面积约 0.035×104m^2。该区域出露基岩为砂岩，分布高程为 424-413m，最大高差约 11m，主崩方向 198°,属顺向坡。危岩带发育有四个危岩体，主要由两组裂隙分割；勘查区为构造剥蚀的低山区，该处微地貌呈陡坡-平台，陡坡坡度在 25°-30°左右，局部较陡，滑坡前缘为村民房屋屋后，在现场调查区域内有一个滑坡,滑坡区地形标高在 398m-394m，相对高差 4-5m。滑坡平面均呈现“箕”型，滑坡两侧边界明显有下错现象，左右侧边界以后缘变形范围端点往下延伸方向为界，剪出口位于村民房屋屋后排水沟外侧底部，滑坡坡向约 112°,岩层产状 330°∠4°,其中滑坡纵长约 4.0m,横向宽约 25m，滑坡面积约 0.010×104，滑体平均厚度约 2.0m，滑体体积约 0.02×104m3， 为小型土体滑坡，在汛期连续降雨或极端暴雨情况下，灾点位于井研县东林镇东光村 3 组，目前威胁对象为灾点崩塌区下方的村民房屋，预测潜在经济损失 100 万元。因此对该灾点进行治理是必要的，急迫的。

二、本次设计方案采用“**锚固+清危+凹腔封填+挡土墙**”的治理方案，设计文件较全面，设计图件较完整。

三、预算编制依据充分，编制方法正确，选用标准适当，预算费用较合理。

四、修改意见:

1、完善排水沟、沟降、流向;

2、补充挡墙沉降缝;

3、取消锚杆，加强清危;

4、增加挡墙高度，起挡落石作用;

5、优化排水沟与挡墙基础埋深。

评审专家组经评议，认为井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡排危除险项目实施方案成果报告质量等级为合格。建议按专家意见修改完善后提交业主单位。

主任委员：

2025 年 6 月 24 日

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案

评审专家组名单

	姓 名	职称	工作单位	签 名
主审	舒洪平	教高	四川省第七地质大队	
专家组	徐洪恩	高级	四川省第七地质大队	
	罗群	高级	乐山市地环站	

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡
排危除险项目实施方案

评 审 意 见 修 改 对 照 表

2025年6月24日，中建材西南勘测设计有限公司组织组织四川省第七地质大队、乐山市地环站等单位的专家组成评审委员会（名单附后），对中建材西南勘测设计有限公司编制提交的《井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险项目实施方案》进行了评审，报告质量为合格。针对专家提出的修改意见，我单位的修改情况如下：

序号	评审意见	修改情况
1、	完善排水沟、沟降、流向；	已按照专家意见进行修改，具体见图件内容。
2、	补充挡墙沉降缝；	已经按专家建议补充挡墙沉降缝。
3、	取消锚杆，加强清危；	已经按专家建议取消锚杆设计，增强清危
4、	增加挡墙高度，起挡落石作用；	已经按专家建议增加挡墙高度
5、	优化排水沟与挡墙基础埋深。	已经按专家建议优化排水沟设计及挡墙基础设计

中建材西南勘测设计有限公司

二〇二五年六月二十四日

目 录

1.概述.....5

1.1 任务由来 5

1.2 地质灾害危害程度 5

1.3 工作目的 5

1.4 编制工作的依据 5

2.自然地理及地质环境条件.....5

2.1 地理位置 5

2.2 气象 5

2.3 水文 6

2.4 地形地貌 6

2.5 地层岩性 6

2.6 地质构造与地震 6

2.7 人类工程活动 7

3. 灾害基本特征及稳定性分析.....7

3.1 崩塌基本特征 7

3.1.1 危岩体特征 7

3.2 崩塌历史落石和灾情 9

3.3 稳定性分析及评价 9

3.3.1 危岩带整体稳定性计算 10

3.3.2 危岩带稳定性综合评价 11

3.3.3 危岩稳定性计算定量评价 11

3.3 崩塌落石运动特征计算 14

3.4 滑坡的空间形态特征 16

3.5 滑体及滑床物质结构特征 16

3.6 影响因素及形成机制分析 17

3.7 稳定性分析及评价 17

3.7.1 计算模型的确定 17

3.8 既有工程评述 19

4. 治理方案设计.....19

4.1 防治目标与原则 19

4.2 设计标准 19

4.3 治理方案总体设计 19

4.4 治理方案分项设计 19

4.4.1 治理方案 19

4.4.3 工作量 20

5. 施工组织设计.....20

5.1 施工条件 20

5.2 建筑材料 20

5.3 施工方法及施工机械 20

5.3.1 锚杆施工 20

5.3.2 防护网施工 21

5.3.3. 挡墙工程施工 21

5.3.4 其他施工注意事项 22

5.5 安全防护措施 22

5.6 工程质量管理 22

6. 工程施工预算.....23

6.1 投资预算编制的原则和依据 23

6.2 投资预算 23

附图

1、井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡排危除险项目实施方案平面布置图

2、井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险项目实施方案1-1’-6-6’剖面图

3、井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险项目实施方案立面图、大样图

1.概述

1.1 任务由来

受井研县政府部门委托，2025 年 6 月，我单位承担了井研县东林镇东光村 3 组余家沟滑坡排危除险项目实施方案编制工作。

1.2 地质灾害危害程度

灾点位于井研县东林镇东光村 3 组，目前威胁对象为灾点崩塌区下方的村民房屋，预测潜在经济损失 100 万元。

根据《崩塌防治工程勘查规范》(T/CAGHP011-2018)4.2.1 表 1 划分，该崩塌防治工程等级为三级。

1.3 工作目的

该实施方案编制的目的是根据现场调查灾害点的基本情况，充分分析地质灾害的发育特点，并提出针对地质灾害的发育特点采取有针对性的治理方案，达到治理灾害的最终目的。

1.4 编制工作的依据

（1）《滑坡防治工程勘查规范》（GBT 32864-2016）；

（2）《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T0219-2006）；

（3）《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)；

（4）《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)；

（5）《建筑抗震设计规范》（GB50011－2010）2016 年修订版；

（6）《崩塌防治工程设计规范》（T／CAGHP 032-2018）

（7）《工程地质手册》【第五版】；

（8）《四川省地质灾害治理工程概（预）算标准治理工程预算定额》；

（9）收集的相关资料及本单位相关的设计经验。

2.自然地理及地质环境条件

2.1 地理位置

灾点属于井研县东林镇东光村 3 组，隐患点至井研县城经村道、乡道可直达，公路里程约 13km，总体交通较为便利。地理坐标为东经 104° 9′ 22.02″,北纬 29° 38′ 11.15″。详见交通位置图 2-1。

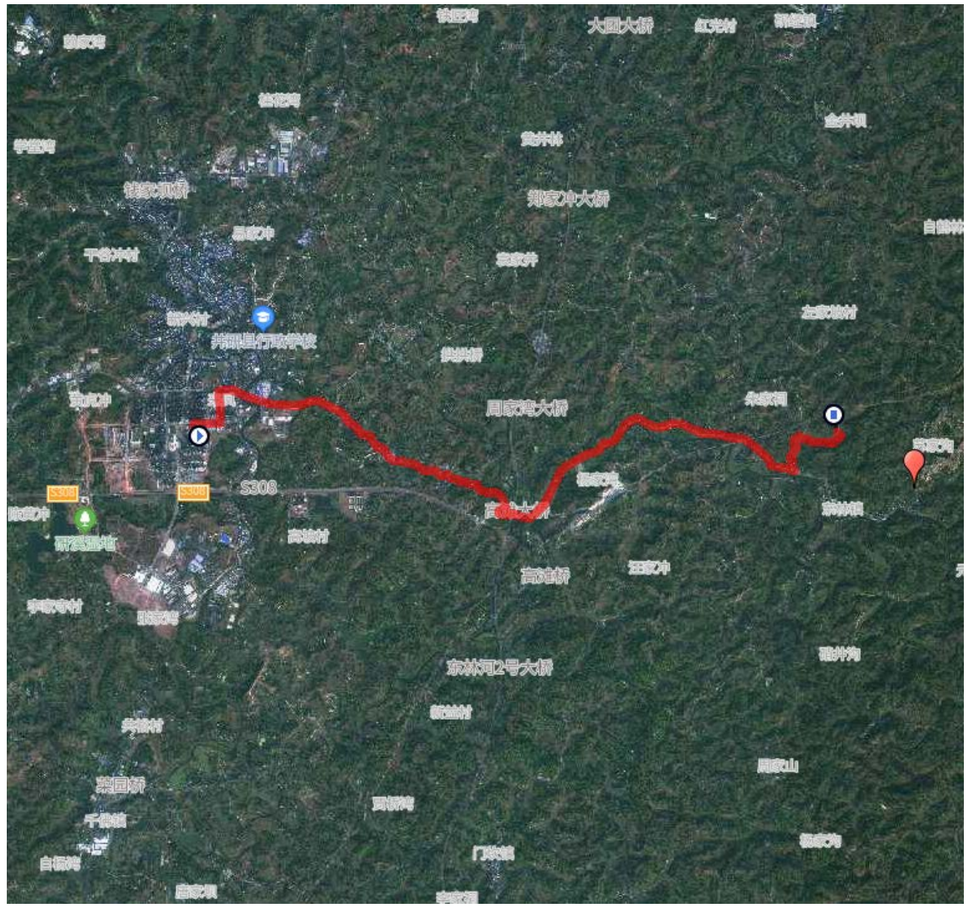


图 2-1　　交通位置图

2.2 气象

1、气象

井研县属亚热带湿润季风气候区，冬无严寒，夏无酷暑，全年多阴云天气，根据井研县气象站 1980 年以来的多年气象资料统计，井研县年均气温 17℃，多年均降水量 953.88mm，最早年为 689.0mm（1996 年），最大降水量为 1260.9mm(1981 年)，降雨量多主要集中于在 5～9 月，占全年降雨量的 79.23%。且多暴雨，最大一日降雨在 1982 年 8 月 16 日，县城区 248.9mm，门坎乡达 305.2mm。

降雨是测区地质灾害的主要诱发因素，区内的地质灾害大多与降雨有关，尤其与暴雨、大暴雨的关系密切。降雨入渗后，易在岩石层面、裂隙、断裂破碎带等形成成为软弱的易滑结构面促进斜坡的变形破坏，其还对岩土中可溶矿物产生溶蚀作用，促进岩土体的结构破坏，是岩土体失稳滑坡的重要因素。因此，降雨引起的滑坡、崩塌等地质灾害主要发生在每年的 5～9 月。

2.3 水文

区内水系发育，但河流大部分源近流短，水量较小、洪枯期水量变化较大。境内共发育小河 143 条，其中流域面积在 10km^2 以上的 33 条，河流总长 633km。属岷江水系的有茫溪河、沙溪河、泥溪河等，流域面积 776.83 km^2。属沱江水系的有卫家河，县内流域面积 63.7 km^2。

茫溪河为县内主要河流，上游为研溪河，发源于井研县分全乡源流村宋家坡。经金峰、研城、千佛、三江、马踏、王村进入五通桥，汇入岷江，总长 66km 。平均流量 1.57m^3/s，洪水最大流量 132m^3/s。其支流殷家河、东林河、月坡河、黄钵河、磨池河年平均流量分别为 1.24 m3/s、1.36 m3/s、2.36 m3/s、0.62 m3/s、3.02m^3/s 。

河流冲刷，洪水、地表、地下水体活动等对地质灾害的形成和发育具有重大影响。地表水对坡面的冲刷、下渗，地下水位升高，增加山坡土体的含水量，降低土体的稳定性；河流对坡脚的冲刷、侵蚀，易使边坡失稳。地表径流的变化与降水一致，每年 5～9 月进入汛期，降水增加地表径流增大，对边坡的冲刷和河流的侧蚀作用增强，地质灾害活动频繁。

井研县主要河流特征表　　表 2-1

水系名称	河　名	流域面积（km^2）	河流长度(m)	发源地高程(m)	出境地高程(m)	比 降(‰)	年平均径流量(m^3/s)
岷江水系	茫溪河	170.4	47	540	344	6.32	1.57
	殷家河	65.3	19	580	360	8.4	1.24
	东林河	105	20	510	355	4.7	1.36
	月坡河	82	15	535	352	4.5	2.36
	黄钵河	35.54	24.5	470	345	5.1	0.62
	磨池河	92.6	67	460	342	1.8	3.02
	泥溪河	67.2	20	620	427	9.6	0.97
	沙溪河	46.8	7.8	622	424	25.3	0.63
沱江水系	卫家河	63.4	11.6	625	390	20.2	0.85

2.4 地形地貌

本区在区域构造上处于四川沉降褶皱带南缘，沉积巨厚、褶皱舒缓。主要受新华夏系龙泉山构造带和华夏式构造式影响，褶皱、断裂仅在县境北西镇阳场～周家坡一带发育，其它地区受境外威远背斜影响，为单斜构造。主要构造形迹有：周坡背斜、仁寿断裂和新桥断裂等。区内地层平缓，走向与构造线基本一致，倾北西，倾角一般达 3º～8º，局部达 12º。

周坡背斜：轴向北 30º 东，延伸数公里，地层倾角 3～12º。

仁寿断裂：走向北 20º～30º 东，倾北西，倾角 25～30º，地层断距 500～600m，为一斜冲压扭性断裂，断裂带挤压明显。

新桥断裂：走向北 45º 东，倾北西，倾角 50～60º，断距 200～400m，为一斜冲压扭性断裂，上盘普遍见引拽褶曲。断层面常具断层泥，影响宽度数米至数十米。

2.5 地层岩性

灾点及附近为丘陵地貌区，地表出露土层主要为第四系残坡积层（Q_4^{el+dl}），崩塌陡崖区基岩裸露，为侏罗系中统下沙溪庙组（J_2s）砂岩与泥岩互层。

（1）第四系全新统残坡积层（Q_4^{el+dl}）：红色，较松散，含少量碎石，含量约 20%，厚度推测约 1.0-1.5m，分布于崩塌区附近。

（2）侏罗系中统下沙溪庙组（J_2s）：主要沿崩塌区陡崖大量出露。泥质、粉砂质结构，中层状构造，质较软，锤击易碎，层面裂隙发育。受构造和风化作用影响，表层岩体破坏严重，强风化层一般厚 0.5～1.0m；砂岩，细～中粒状结构，薄-中层状构造，裂隙发育，强风化岩心多呈块状，中风化岩体质地坚硬，岩心多呈柱状。

2.6 地质构造与地震

（1）地质构造

本区在区域构造上处于四川沉降褶皱带南缘，沉积巨厚、褶皱舒缓。主要受新华夏系龙泉山构造带和华夏式构造式影响，褶皱、断裂仅在县境北西镇阳场～周家坡一带发育，其它地区受境外威远背斜影响，为单斜构造。主要构造形迹有：周坡背斜、仁寿断裂和新桥断裂等。区内地层平缓，走向与构造线基本一致，倾北西，倾角一般 3º～8º，局部达 12º（图 3-2）。

周坡背斜：轴向北 30º 东，延伸数公里，地层倾角 3～12º。

仁寿断裂：走向北 20º～30º 东，倾北西，倾角 25～30º，地层断距 500～600m，为一斜冲压扭性断裂，断裂带挤压明显。

新桥断裂：走向北 45º 东，倾北西，倾角 50～60º，断距 200～400m，为一斜冲压扭性断裂，上盘普遍见引拽褶曲。断层面常具断层泥，影响宽度数米至数十米。

（2）新构造运动和地震

本区以大面积间歇性上升为主，稳定性相对较好。根据国家标准 GB18306－2001 《中国地震动参数区划图》 第 1 号修改单(国标委服务函[2008]57 号)对四川、甘肃、陕西部分地区地震动参数的相关规定，对汶川地震后相关地区县级及县级以上城镇的中心地区建筑工程抗震设计时所采用的抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和所属的设计地震分组加以调整。井研县地震动峰值加速度为 0.05～0.10g，地震动反应谱特征周期为 0.4s。

2.7 人类工程活动

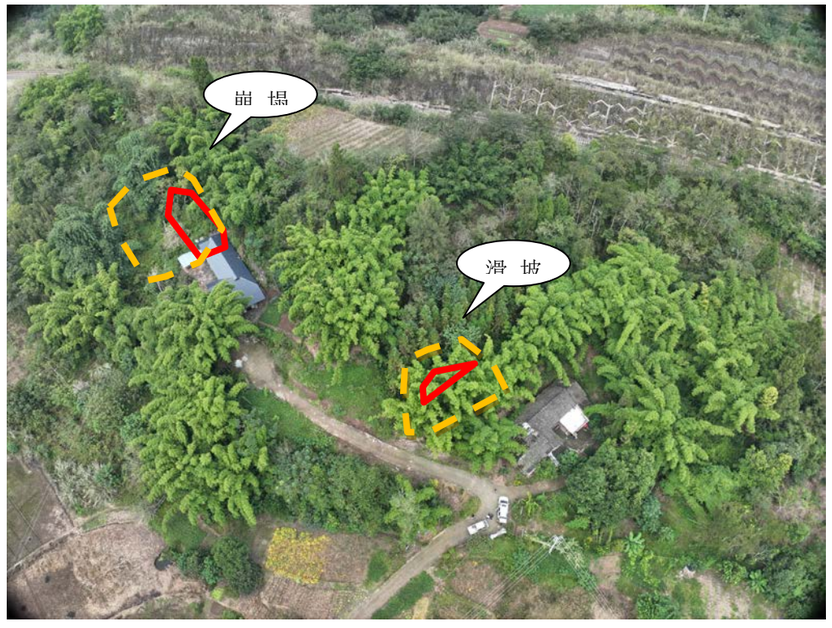
灾点处位于屋后，总体受人类工程活动影响较大，主要为修建房屋开挖形成基岩裸露的边坡。

3.灾害基本特征及稳定性分析

3.1 崩塌基本特征

井研县东林镇东光村 3 组村民房屋后有两处灾害（崩塌与滑坡）。

崩塌位于村民屋后，地处构造剥蚀低山区，调查区地形标高在 430-400m，相对高差 30m，总体北高南低之势，受人类房屋修建等活动影响调查区内微地貌多呈平台-陡坡-缓坡。该灾害点发育一处危岩带，危岩带内划分为 4 个危岩。基本情况如下所述：

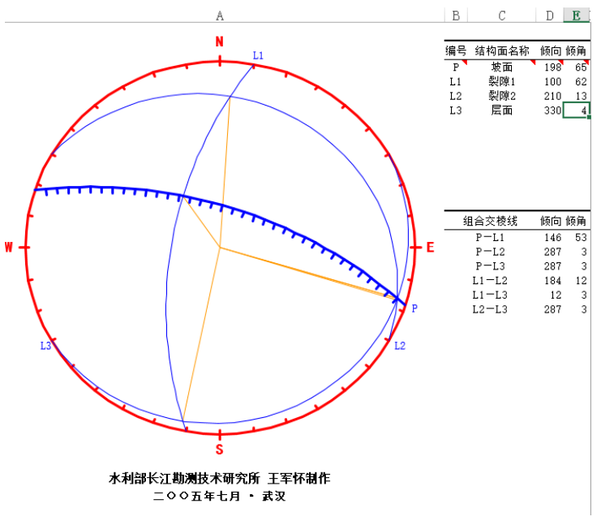


3.1.1 危岩体特征

危岩带位于勘查区西北侧上方，危岩带平面均呈条带状，呈东西方向展布。基岩大面积露头，第四系松散层和基岩界限明显，其中第四系覆盖层厚 1.0-1.5m。危岩带整体高 10-11m,横向宽度 35m 左右,坡向 198°，坡体坡度为 65°左右，局部较陡，基岩产状 330°∠4°，该危岩带边坡立面面积约 $0.035\times10^4m^2$。该区域出露基岩为砂岩，分布高程为 424-413m，最大高差约 11m，主崩方向 198°,属顺向坡。危岩带发育有四个危岩体，主要由两组裂隙分割，具体情况如下。

①L1：100°∠62°，闭合-张开状，上部张开 0.2-0.5cm,少量泥质充填，裂面粗糙、较平直,下部闭合，发育密度 1 条/m

②L2：210°∠13 裂面粗糙、较平直；发育密度 1-2 条/m



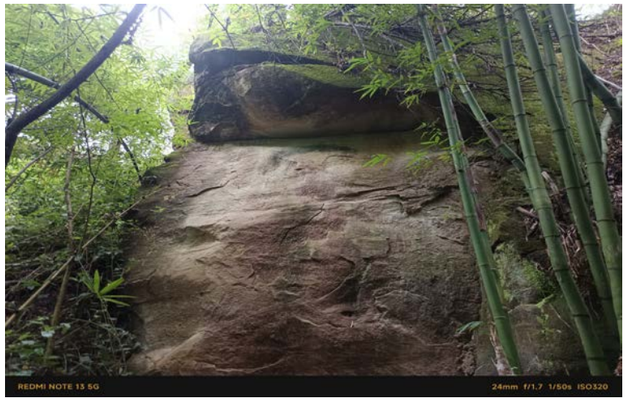
编号	结构面名称	倾向	倾角
P	坡面	198	65
L1	裂隙1	100	62
L2	裂隙2	210	13
L3	层面	330	4

组合交棱线	倾向	倾角
P—L1	146	53
P—L2	287	3
P—L3	287	3
L1—L2	184	12
L1—L3	12	3
L2—L3	287	3

赤平投影分析：危岩带整体属顺向坡，岩层对坡体稳定性不利。L1 与 L2 组合交棱线倾向与坡向相近，倾角与坡角相近，属不稳定组合。危岩带主要受 L1 与 L2 裂隙切割后，岩体破碎，加之砂岩的风化作用，形成砂岩砂岩剥落，局部形成凹腔向坡内发育，可能导致砂岩卸荷发生坠落式破坏，部分岩体后壁裂隙发育，可能导致倾倒式破坏。

3.1.1.1 WY1 特征

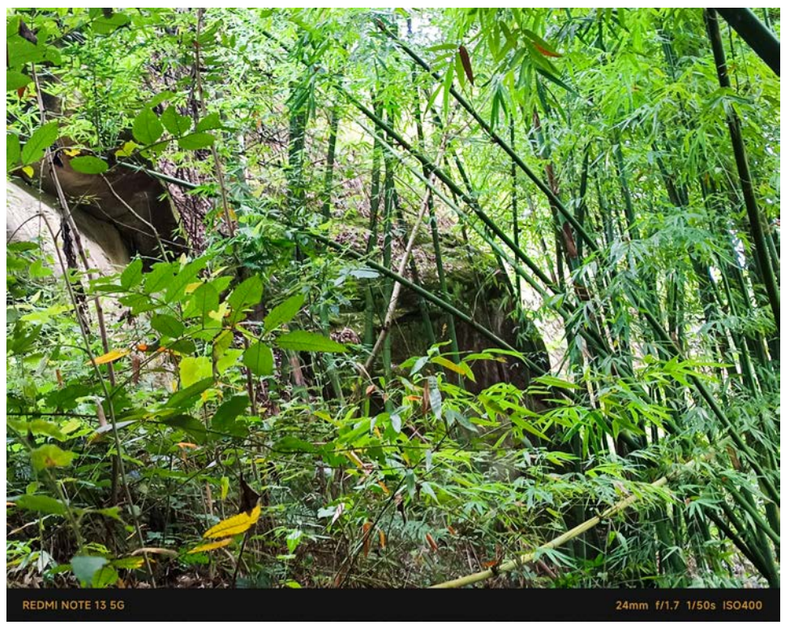
其中 WY1 危岩剖面形态呈“直线”形，坡度陡。危岩区侧壁可见发育一条贯通性好的卸荷裂隙，延伸较长，危岩区内可见外凸的危岩体，被裂隙和层面相互切割形成的块体，方量为 11m^3。



3.1.1 照片 WY1 照片

3.1.1.2 WY2 特征

WY2 危岩剖面形态呈“折现”形，坡度陡。危岩区后壁在根劈及雨水作用下可见发育一条贯通性好的卸荷裂隙，延伸 3m 左右，被裂隙和层面相互切割形成的块体，砂岩基座为泥岩，该部分泥岩裸露，在风化作用下泥化，形成凹腔。。



3.1.2 照片 WY2 照片

3.1.1.3 WY3 特征

WY2 危岩剖面形态呈“折现”形，坡度陡。危岩区后壁在根劈及雨水作用下可见发育一条贯通性好的卸荷裂隙，延伸 3m 左右，被裂隙和层面相互切割形成的块体。

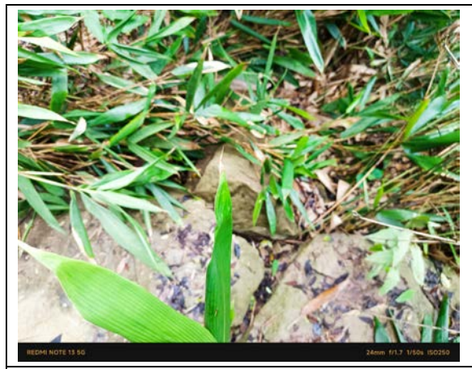
3.1.3 照片　WY3 照片

3.1.1.4 WY4 特征

WY2 危岩剖面形态呈“折现”形，坡度陡。危岩区后壁在根劈及雨水作用下可见发育两条贯通性好的卸荷裂隙，延伸 3-5m 左右，被裂隙和层面相互切割形成的块体。

3.2 崩塌历史落石和灾情

据调查，灾点处落石往年时有产生，但并不频繁，以偶发的零星落石为主，据了解崩塌源多为雨季时解题滚落。现场调查，危险区范围共统计有 3 块较明显的落石，分布较为零散，均分布于房屋后。（落石特征见照片）。



照片 3　LS1 照片

照片　LS2 照片

照片 3　LS3 照片

照片　LS4 照片

斜坡落石统计表

落石编号	尺寸（m）	方量（m^3）	推测落石崩塌来源	垂直落距（m）
LS1	0.6×0.4×0.5	0.12	WY1	10
LS2	0.4×0.3×0.2	0.03	WY3	10
LS3	0.4×0.3×0.4	0.05	WY4	10
LS4	0.4×0.5×0.4	0.08	WY4	10

3.3 稳定性分析及评价

1、崩塌破坏模式分析

调查区为顺向坡地形；岩性主要为砂岩；节理裂隙以切向和反向的两组裂隙为主。现根据现场调查崩塌破坏模式为：小块径砂岩的坠落式破坏及倾倒式破坏为主。

2、主要影响因素

根据地质环境分析，危岩崩塌的形成包括内部条件和外部条件两类，内部条件包括地形地貌、地层岩性、坡体结构、地质构造；外部条件包括降雨、地震、植被、人类工程活动等。综合分述如下：

（1）地形地貌：地质灾害位于村民屋后后方，坡向南北，相对高差约 10-11m，地势陡峻。危岩区地形坡度在 60～65°之间，部分坡面凹凸不平，具高陡临空面。

（2）地层岩性：崩塌区裸露基岩是砂岩，由于砂岩风化作用，部分砂岩剥落，形成砂岩探头及凹腔的情况。

（3）结构面：本区坡向南，岩层产状 330°∠4°，总体为顺向坡地形，岩坡总体稳定；发育的两组裂隙，虽然总体与山体呈稳定组合，但岩体相对破碎，岩坡沿着陡倾结构面切割解体。

（4）水的作用：地表水、地下水对崩塌的影响表现为：①地下水降低了潜在崩塌体与稳定岩体之间的抗剪强度；②大气降水入渗后沿裂隙面运移，在运移中水体溶蚀岩体，最终宽大的裂隙贯通改变了坡体的内部结构；③水使岩土体（结构面）软化，加快其风化作用，易形成深裂缝，不利岩体稳定。

（5）地震活动：近年来，连续遭受 2008 年”5.12”汶川特大地震等的影响，山体疏松，坡体稳定性差，危岩崩塌活跃；同时，地震动作用荷载对崩塌的诱发作用十分明显。

（6）风化作用和人类活动：风化作用造成岩体强度降低，是危岩带坡体稳定性的主要影响因素；根劈作用挤张岩体裂隙，造成岩体裂隙结合性降低，改变危岩重心。

因此，在各种外界影响因素中，适宜的地形条件、节理裂隙发育、暴雨和地震等都可能成为促进崩塌发生的主要因素。

3、崩塌形成机制

危岩崩塌的形成机制：危岩带受多组结构面切割后，风化剥蚀、根劈作用、受降雨入渗、地震活动等产生失稳，形成砂岩探头的坠落式破坏及倾倒式破坏。

3.3.1 危岩带整体稳定性计算

1、计算方法的确定

假定滑面为直线滑动面，计算采用极限平衡法，计算斜坡破裂面以外的岩体沿破裂面下滑的稳定性。计算公式如下：

$$K_f = \frac{G\cos\alpha\tan\varphi + cL}{G\sin\alpha}$$

α－滑面倾角，即破裂角；φ－内摩擦角；c-粘聚力；L－滑面长度；G－滑动体重力。

2、计算工况的选取

（1）工程安全等级

根据《崩塌防治工程勘查规范（试行）》（T/CAGHP011-2018）的要求，结合崩塌的现状特点，防治工程安全等级为三级。

（2）计算工况

勘查场地位于抗震设防烈度为 6 度第三组，地震动峰值加速度 0.1g，计算中主要考虑 1 种工况：

（1）工况一：自重，稳定安全系数 Fst=1.25；

3、计算参数选取

根据临近工程地质类比及地区经验取得的参数，稳定性分析和推力计算中抗剪强度是以工程地质类比值为基础，参考经验值进行综合分析选取。稳定性计算以破裂面为潜在滑动面，调查区破裂面为硬性结构面，裂面张开，光滑平直，根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2013)表 4.3.2，结构面结合程度属结合很差。再结合工程区地区经验、规范要求综合取值，对结构面参数取值如下表。

表 3-1　结构面抗剪强度参数取值表

序号	计算工况	岩体重度 N/m^3	抗剪强度参数取值	
			c(kPa)	ϕ(°)
1	工况一：自重	25.23	40.0	25.0
2	工况三：自重+地震	25.23	40.0	25.0

4、评价标准

根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2013)，边坡稳定性分析评价标准如表 3-2 所示。

表 3-2 边坡稳定性评价标准

边坡稳定性系数 F_s	$F_s<1$	$1\leqslant F_s<1.05$	$1.05\leqslant F_s<F_{st}$	$F_s>F_{st}$
边坡稳定性状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

其中 F_{st} 应按表 3-3 确定。

表 3-3 边坡稳定安全系数 F_{st}

计算工况	一级	二级	三级
一般工况	1.35	1.30	1.25
地震工况	1.15	1.10	1.05

3.3.2 危岩带稳定性综合评价

危岩带岩体破裂角取值，取 55°（边坡坡角/2+坡体内摩擦角/2=56°/2+40°/2=46°），计算模型根据理正岩土 6.5 软件模拟，稳定性计算结果见表 3-4。

表 3-4　危岩带稳定性计算结果

计算剖面	计算工况	稳定系数 F_s	安全系数 F_{st}	稳定性评价
1-1’剖面	工况一：自重	2.062	1.25	稳定
2-2’剖面	工况一：自重	2.013	1.25	稳定
3-3’剖面	工况一：自重	2.024	1.25	稳定
4-4’剖面	工况一：自重	2.041	1.25	稳定

从表 3-4 至可知：危岩带在天然工况处于稳定，说明该危岩带产生平面滑动破坏的可能性小，但存在岩体剥落，裂隙发育将完整岩体切割的现象，任然可能发生掉块，故仍需对危岩带考虑支护措施。

3.3.3　危岩稳定性计算定量评价

崩塌失稳模式主要以倾倒和坠落式为主。危岩带区局部发育危岩单体，因此，在分析危岩带的稳定性时，为简化工作量，主要选取区内典型的、可以代表区内相同类型危岩体稳定性的块体按计算模型来进行稳定性计算，为整个危岩带区内危岩的稳定性作出评价。

1、评价剖面与计算单元的划分

本次勘查中对每个危岩体均进行了实测剖面，定量评价的计算剖面也采用这些剖面，并以每个危岩块体做为一个评价单元进行评价计算。

荷载类型如下：

危岩体自重：为危岩体的体积与天然容重的乘积。

孔隙水压力：主要考虑静水压力。天然状态取三分之一孔隙水柱高，暴雨期间取三分之二孔隙水柱高。对危岩实施有效治理后可不考虑孔隙水压力。

地震力：主要考虑水平地震力，为危岩体自重与水平地震系数的乘积。作用点为危岩体重心。

2、计算公式的采用

根据地质构造、岩土体的结构类型、节理裂隙与裂缝及结构面的组合关系、张闭程度、延展性及贯通情况等，本区危岩体的变形破坏类型主要为滑移式和倾倒式，少部分危坠落式，其稳定性计算方法参照《重庆地质灾害防治工程勘察规范》和《崩塌防治工程勘查规范（试行）》推荐的公式进行计算，具体如下：

a)后缘无陡倾裂隙时按下式计算（图 3-1）：

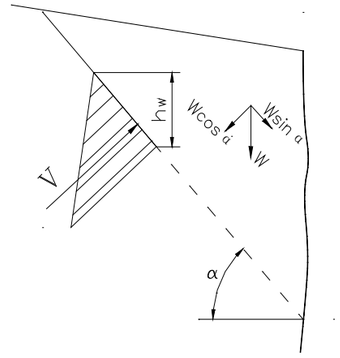


图 3-1 滑移式危岩稳定性计算（后缘无陡倾裂隙）

$$F=\frac{(W\cos\alpha-Q\sin\alpha-V)\cdot tg\varphi+cl}{W\sin\alpha+Q\cos\alpha}$$

式中：V——裂隙水压力(kN/m)；

Q——地震力（kN/m），式中地震水平作用系数取 0.05；

F——危岩稳定性系数；

c——后缘裂隙粘聚力标准值(kPB)；当裂隙未贯通时，取贯通段和未贯通段粘聚力标准值按长度加权的加权平均值，未贯通段粘聚力标准值取岩石粘聚力标准值的 0.4 倍；

ϕ——后缘裂隙内摩擦角标准值（°）；当裂隙未贯通时，取贯通段和未贯通段内摩擦角标准值按长度加权的加权平均值，未贯通段内摩擦角标准值取岩石内摩擦角标准值的 0.95 倍；

α——滑面倾角（°）；

W——危岩体自重(kN/m)。

b)后缘有陡倾裂隙、滑面缓倾时按下式计算：

$$F_s = \frac{R}{T}$$

$$R = (W\cos\alpha - Q\sin\alpha - V\sin\alpha - U)tg\varphi + cl$$

$$T = W\sin\alpha + Q\cos\alpha + V\cos\alpha$$

（2）拉裂倾倒式危岩计算方法

a)由后缘岩体抗拉强度控制时，按下式计算）：

$$F = \frac{\frac{1}{2} f_{lk} \cdot \frac{H-h}{\sin\beta}\left(\frac{2}{3}\frac{H-h}{\sin\beta} + \frac{b}{\cos\alpha}\cos(\beta-\alpha)\right)\cdot}{W\cdot a + Q\cdot h_0 + V\left(\frac{H-h}{\sin\beta} + \frac{h_w}{3\sin\beta} + \frac{b}{\cos\alpha}\cos(\beta-\alpha)\right)}$$

（危岩体重心在倾覆点之外时 ）

$$F = \frac{\frac{1}{2} f_{lk} \cdot \frac{H-h}{\sin\beta}\cdot\left(\frac{2}{3}\frac{H-h}{\sin\beta} + \frac{b}{\cos\alpha}\cos(\beta-\alpha)\right) + W\cdot a}{Q\cdot h_0 + V\left(\frac{H-h}{\sin\beta} + \frac{h_w}{3\sin\beta} + \frac{b}{\cos\alpha}\cos(\beta-\alpha)\right)}$$

（危岩体重心在倾覆点之内时 ）

式中：h——后缘裂隙深度（m）；

hw——后缘裂隙充水高度（m）；

H——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离（m）；

a——危岩体重心到倾覆点的水平距离（m）；

b——后缘裂隙未贯通段下端到倾覆点之间的水平距离(m)；

h0——危岩体重心到倾覆点的垂直距离（m）；

flk——危岩体抗拉强度标准值（kPB），根据岩石抗拉强度标准值乘以 0.4 的折减系数确定；

α——危岩体与基座接触面倾角（°），外倾时取正值，内倾时取负值；

β——后缘裂隙倾角（°）。

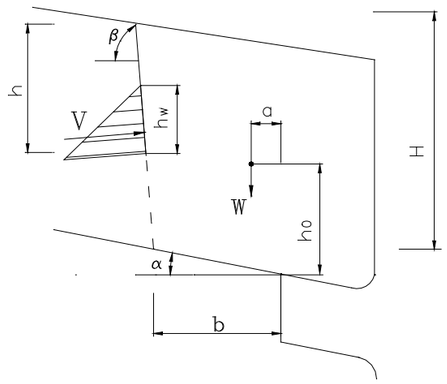


图 3-2 倒式危岩稳定性计算（由后缘岩体抗拉强度控制）

b)由底部岩体抗拉强度控制时，按下式计算：

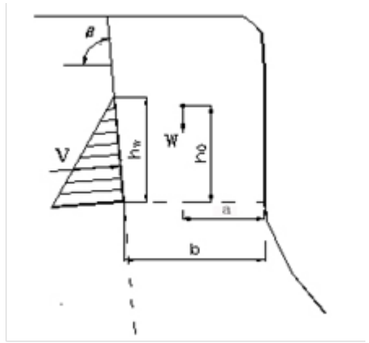


图 3-3　倾倒式危岩稳定性计算（由底部岩体抗拉强度控制）

$$F=\frac{\frac{1}{3}f_{lk}\cdot b^2+W\cdot a}{Q\cdot h_0+V(\frac{1}{3}\frac{h_w}{\sin\beta}+b\cos\beta)}$$

3）坠落式危岩计算方法

a)对后缘有陡倾裂隙的悬挑式危岩按下列二式计算，稳定性系数取两种计算结果中的较小值：

$$F=\frac{c(H-h)-Qtg\varphi}{W}$$

$$F=\frac{\zeta\cdot f_{lk}\cdot(H-h)^2}{Wa_0+Qb_0}$$

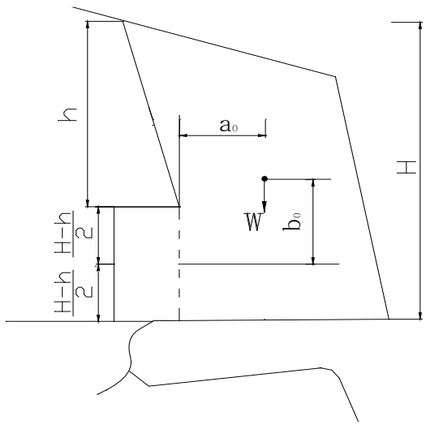


图 3-4 坠落式危岩稳定性计算（后缘有陡倾裂隙）

式中：ζ——危岩抗弯力矩计算系数，依据潜在破坏面形态取值，一般可取 1/12～1/6，当潜在破坏面为矩形时可取 1/6；

a0——危岩体重心到潜在破坏面的水平距离（m）；

b0——危岩体重心到过潜在破坏面形心的铅垂距离(m)；

flk——危岩体抗拉强度标准值（kPB），根据岩石抗拉强度标准值乘以 0.20 的折减系数确定；

c——危岩体粘聚力标准值(kPB)；

φ——危岩体内摩擦角标准值（°）。

其它符号意义同前。

b)对后缘无陡倾裂隙的悬挑式危岩按下列二式计算，稳定性系数取两种计算结果的较小值：

$$F=\frac{c\cdot H_0-Qtg\varphi}{W}$$

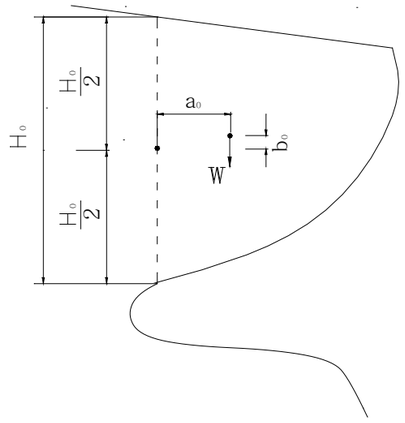


图 3-5 坠落式危岩稳定性计算（后缘无陡倾裂隙）

$$F=\frac{\zeta\cdot f_{lk}\cdot H_0{}^2}{W\cdot a_0+Q\cdot b_0}$$

式中：H0——危岩体后缘潜在破坏面高度（m）；

flk——危岩体抗拉强度标准值（kPB），根据岩石抗拉强度标准值乘以 0.30 的折减系数确定；

3、计算参数的选取

（1）结构面取值

结构面物理参数指标经综合考虑确定见表 3-1.由于危岩体的边界条件难以准确确定，只能把不确定因素概化处理，半定量的分析计算。

依据坠落式危岩及倾倒式危岩稳定系数计算公式、危岩体裂隙张开度及充填情况，确定抗剪强度取值，依此计算出场区危岩体结构面的抗剪强度值：

（2）荷载及荷载组合

本次勘查采用两种工况对危岩体进行稳定性分析，两种工况的具体荷载组合如下：

①工况一：自重+裂隙水压力(天然状态)

②工况二：自重+裂隙水压力(暴雨)

坠落式危岩跟倾倒同时考两种工况。最不利荷载组合为设计荷载组合，其余为校核荷载组合。

4、危岩体稳定性评价标准

根据《滑坡防治工程勘察规范》(DZ/T0218-2006)(国土资源部)所推荐的稳定性评价标准和中国地质灾害防治工程行业协会团体标准《崩塌防治工程勘查规范（试行）》（T/CAGHP011-2018），各类危岩体（危岩带）稳定性评价标准见表 3-5 及 3-6。

表 3-5 危岩稳定程度等级划分表

稳定状态 / 危岩类型	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
滑移式	F<1.00	1.00≤F<1.20	1.20≤F<1.30	F≥1.30
倾倒式	F<1.00	1.00≤F<1.30	1.30≤F<1.50	F≥1.50
坠落式	F<1.00	1.00≤F<1.50	1.50≤F<1.80	F≥1.80

表 3-6 危岩稳定状态划分

稳定状态 / 危岩类型	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定
滑移式	F<1.00	1.00≤F<1.15	1.15≤F< F_t	F≥F_t
倾倒式	F<1.00	1.00≤F<1.25	1.25≤F< F_t	F≥F_t
坠落式	F<1.00	1.00≤F<1.35	1.35≤F< F_t	F≥F_t
注：F_t——危岩稳定安全系数。表中稳定系数对应的工况是一般工况，及天然工况和暴雨（融雪）工况。				

5、危岩稳定性计算结果

通过工作区危岩体稳定性计算，按评价标准划分其稳定性结果见下表。

表 3-7 危岩体稳定性评价统计表

项目 / 危岩带编号	稳定性				破坏类型
	工况一		工况二		
	稳定系数	稳定状态	稳定系数	稳定状态	
1-1’	1.129	欠稳定	0.997	不稳定	坠落式
2-2’	1.352	基本稳定	1.194	欠稳定	倾倒式
3-3’	1.209	欠稳定	1.190	欠稳定	倾倒式
4-4	1.146	欠稳定	0.989	不稳定	倾倒式

6、危岩稳定性定量评价结果及分析

根据计算结果：危岩倾倒式破坏模式危岩带在天然工况下处于基本稳定状态-欠稳当状态，在暴雨工况下均处于不稳定-欠稳定状态；坠落式破坏模式危岩带在天然工况下处于欠稳定状态，在暴雨工况下均处于不稳定状态。

根据计算结果可知，危岩体在暴雨工况下均处于欠稳状态，在极端天气下极可能对下方村民房屋造成威胁。因此需对边坡危岩体进行治理。

3.3 崩塌落石运动特征计算

（1）计算方法及参数选取

① 运动形式：根据岩块从陡崖上崩落到坡下的运动形式的差异，把落石分为五个类型，即直落式、跳跃式、直落跳跃式、滑落式、滚落式。不同危岩区内危岩体失稳后由于地形不同，其运动方式不同。对于本次勘查危石危岩带区内的危岩块体，其危岩块体主要切割成块状，破坏后将掉落到下方的坡体上，之后将在坡体表面发生滚动和弹跳，其运动方式为直落跳跃式，最终堆积于坡脚平缓地段。

② 运动特征计算：根据危岩运动形式，需要对危石危岩带区不同高度区域的危岩体失稳后的运动特征进行计算，以确定危岩体的运动特征。主要根据 H·M·罗依尼什维里教授提出的计算公式进行，其主要包括落石在不同坡段上的运动速度以及弹跳高度。计算公式依据坡面的形状选用如下公式计算：

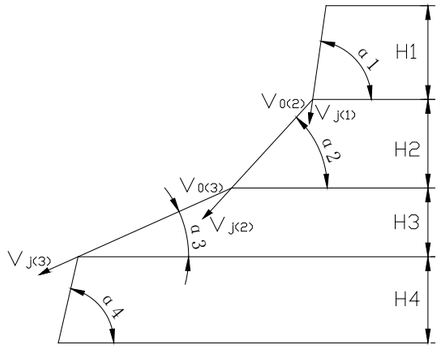


图 3-4　Ⅰ型折线型山坡计算示意图

最高一个坡段坡角的速度公式按（11）、（12）、（13）计算

$$V=\mu\sqrt{2gh}=\varepsilon\sqrt{H} \qquad (11)$$

$$\mu=\sqrt{1-K\cot\alpha} \qquad (12)$$

$$\varepsilon=\mu\sqrt{2g} \qquad (13)$$

式中：H——石块的坠落高度（m）；

g ——重力加速度（m/s^2）；

α ——山坡坡度角（度）；

K——石块沿山坡运动所受一切有关因素综合影响的阻力特性系数，采用表 3-8 所列公式计算，μ、ε 值可通过计算或查表获得。

表 3-8　　阻力特性系数 K 值计算公式表

顺序	山坡坡度角（α）	K 值计算公式
1	0º～30º	$K=0.41+0.0043\alpha$
2	30º～60º	$K=0.543-0.0048\alpha+0.000162\alpha^2$
3	60º～90º	$K=1.05-0.0125\alpha+0.0000025\alpha^3$

注：K 值计算公式可用于有下列情况的山坡：

① α ≥45º 基岩外露的山坡；

② α ＝35º～45º 基岩外露，局部有草和稀疏灌木的山坡；

③ α ＝30º～35º 有草，稀疏灌木，局部基岩外露的山坡；

④ α ＝25º～30º 有草，稀疏灌木的山坡。

其余坡段的终端速度为：

$$V_{j(i)}=\sqrt{V_{0(i)}^2+2gH_i\left(1-K_i\cot\alpha_i\right)}=\sqrt{V_{0(i)}^2+\varepsilon_i^2H_i} \qquad (14)$$

式中：$V_{0(i)}$——石块运动所考虑坡段的起点的初速度，可按下列不同情况考虑：

若 $\alpha_{(i-1)}>\alpha_i$ 时，则 $V_{0(i)}=V_{j(i-1)}\cos\left[\alpha_{(i-1)}-\alpha_i\right]$ （15）

若 $\alpha_{(i-1)}<\alpha_i$ 时，则 $V_{0(i)}=V_{j(i-1)}$ （16）

α_i ——所考虑坡段的坡度角（度）；

$\alpha_{(i-1)}$——为相邻的前一坡段的坡度角（度）；

$V_{j(i-1)}$——石块在前一坡段终端的运动速度（m/s）；

系数 ε_i 的值可由相关表格中选取，若 α_i<30º，则系数 K_i 值可用表 4-4 中所列的公式进行计算。

落石运动形式最常见的是滚动和跳跃式运动，理论上可以用质点或球体撞击斜面后的运动轨迹曲线来表示（图 4-5），其运动轨迹方程为：

$$y=\frac{gx^2}{2V_0^2\sin^2\beta}+x\cot\beta \qquad (17)$$

式中：V_0——石块落至 0 点时的反射速度，近似可用（14）式计算所得的 V_J 值；

β ——石块反射速度 V_0 方向与纵坐标间的夹角（度）；

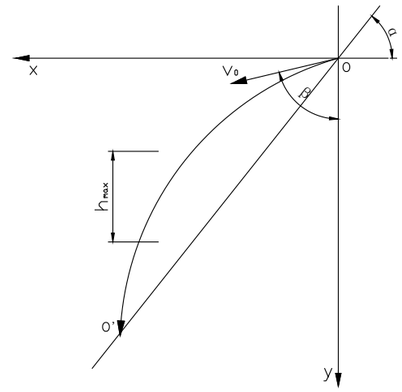


图 3-5 弹跳轨迹计算示意图

β 角值根据大量的试验观测资料为：

$$\beta=\frac{200+2\alpha\left(1-\dfrac{\alpha}{45}\right)}{\sqrt[3]{V_j}} \qquad (18)$$

根据以上的轨迹计算公式，可推得落石对斜坡坡面的垂直最大的弹跳高度为：

$$h_{\max}=\frac{V_0^2\left(\tan\alpha-\cot\beta\right)^2}{2g\left(1+\cot^2\beta\right)} \qquad (19)$$

以上两式参数意义同前。

崩落块石的能量由运动能和滚动能两部分组成，这里采用经验公式进行计算。

落石能量即：

$$E=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}I\omega^2=1.2\times\frac{1}{2}mv^2=0.6mv^2 \quad (20)$$

（3）计算结果分析评价

根据现场调查崩塌区分布情况，本次选取产生一处落石的 2-2’、 3-3’、4-4’典型剖面进行计算。

表 3-9 危害对象落石弹跳高度及动能表

危（石）岩体（计算剖面）	弹跳高度（m）	落石动能（KJ）	冲击力（KN）	备注
2-2’	1.12	162.23	8.37	受威胁房屋处
3-3’	1.34	263.48	13.64	受威胁房屋处
4-4’	1.56	323.54	19.73	受威胁房屋处

3.4 滑坡的空间形态特征

勘查区为构造剥蚀的低山区，该处微地貌呈陡坡-平台，陡坡坡度在 25°-30°左右，局部较陡，滑坡前缘为村民房屋屋后，在现场调查区域内有一个滑坡,滑坡区地形标高在 398m-394m，相对高差 4-5m。滑坡平面均呈现“箕”型，滑坡两侧边界明显有下错现象，左右侧边界以后缘变形范围端点往下延伸方向为界，剪出口位于村民房屋屋后排水沟外侧底部，滑坡坡向约 112°，岩层产状 330°∠4°，其中滑坡纵长约 4.0m，横向宽约 25m，滑坡面积约 0.010×10^4，滑体平均厚度约 2.0m，滑体体积约 0.02×$10^4$$m^3$， 为小型土体滑坡。

滑坡全貌照

3.2 滑坡变形特征

受 2024 年汛期强降雨影响，该处土体发生变形滑坡，滑坡后缘土体下错 0.5m，产生拉张裂缝 LF1，剪出口位于村民房屋屋后排水沟外侧底部，于 2024 年 7 月 18 日发生第一次滑坡，土体堆积至屋后水沟处（目前已经清理）。

后缘下错照片 1

后缘下错照片 2

后缘下错照片 3

后缘下错照片 4

3.5 滑体及滑床物质结构特征

根据本次调查，该滑坡的滑体、滑带和滑床的物质组成各不相同，对该滑坡的滑体、滑床、滑带分述如下：

1、滑体

根据本次调查，滑体物质组成主要为第四系残坡积层的含碎石粘土。

2、滑带

滑坡的滑带为含碎石粉质粘土，因降雨等因素导致力学性质下降的软弱层，推测为基岩与粉质粘土接触带附近的软弱层，主要成分为粉质粘土，碎石含量较少，含水量较高，软塑，估测滑带土厚度约 10cm。

3、滑床

滑坡的滑床为为砂岩。

3.6 影响因素及形成机制分析

1、地形地貌

斜坡整体坡度 25°-30°，局部较陡，为斜坡变形提供有利的临空条件。

2、地层岩性

该滑坡滑体物质体为第四系含碎石粉质粘土，结构松散，透水性较好，为易滑地层，因该处地处洼地，由于降水量较大，周边雨水汇流至滑坡区域，滑坡后缘无截排水沟，地表水入渗土体，对土体形成软化作用，降低其抗剪强度，增加土体的重度和下滑力，使土体失去自稳能力，因此引发斜坡产生变形滑坡。

3、降雨

降雨入渗地表导致地下水位升高，地下水渗流对岩土体形成动水压力，使得滑体的下滑力增大；降雨下渗会导致边坡岩体软化，结构变形造成不稳定现象；

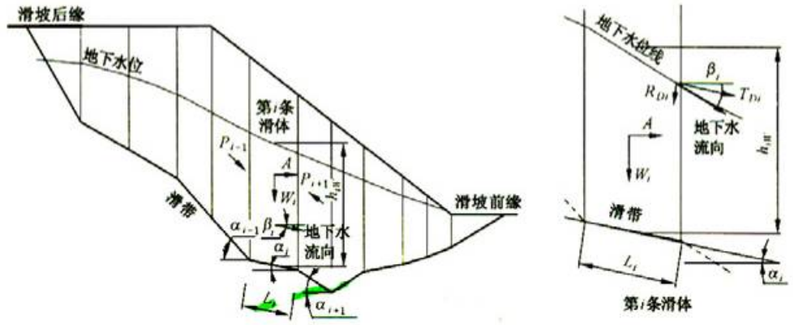
在上述几种因素的共同作用下导致滑坡的形成，其中降雨是主要诱发因素，据调查前缘土体土体软弱，且因排水沟未进行硬化，水体下渗，降低前缘土体抗滑力，因此产生牵引式滑坡。

3.7 稳定性分析及评价

3.7.1 计算模型的确定

(1)计算模型

按照《滑坡防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T0219-2006）和《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001，2009 年版）的有关规定，采用传递系数法对滑坡分别进行稳定性评价和推理计算，剩余下滑力计算按传递系数法。计算模型见插图。



3-6 折线型滑面计算模型

②稳定系数计算公式如下：

$$K_f=\frac{\sum_{i=1}^{n-1}\left(\left(\left(W_i\left(\left(1-\gamma_U\right)\cos\alpha_i-A\sin\alpha_i\right)-R_{Di}\right)\tan\phi_i+C_iL_i\right)\prod_{j=i}^{n-1}\Psi_j\right)+R_n}{\sum_{i=1}^{n-1}\left(\left(W_i\left(\sin\alpha_i+A\cos\alpha_i\right)+T_{Di}\right)\prod_{j=i}^{n-1}\Psi_j\right)+T_n}$$

其中：$R_n=\left(W_n\left(\left(1-\gamma_U\right)\cos\alpha_n-A\sin\alpha_n\right)-R_{Dn}\right)\tan\phi_n+C_nL_n$

$$T_n=W_n\left(\sin\alpha_n+A\cos\alpha_n\right)+T_{Dn}$$

$$\prod_{j=i}^{n-1}\Psi_j=\Psi_i\Psi_{i+1}\Psi_{i+2}\cdots\cdots\Psi_{n-1}$$

$$\Psi_j=\cos\left(\alpha_i-\alpha_{i+1}\right)-\sin\left(\alpha_i-\alpha_{i+1}\right)\tan\phi_{i+1}$$

$$T_{Di}=\gamma_wh_{iw}L_i\cos\alpha_i\sin\beta_i\cos\left(\alpha_i-\beta_i\right)$$

$$R_{Di}=\gamma_wh_{iw}L_i\cos\alpha_i\sin\beta_i\sin\left(\alpha_i-\beta_i\right)$$

$$\gamma_U=\frac{\text{滑体水下体积}\times\text{水的容重}}{\text{滑体总体积}\times\text{滑体容重}}\approx\frac{\text{滑坡水下面积}}{\text{滑坡总面积}\times2}$$

式中：Kf——稳定性系数；

Wi——第 i 计算条块自重与建筑等地面荷载之和（kN/m）；

Ci——第 i 条块内聚力（kPa）；

——第 i 条块内摩擦角（°）；

——第 i 条块滑动面长度（m）；

——第 i 条块滑面倾角（°），反倾时取负值；

——第 i 条块地下水流向，一般情况下取浸润线倾角与滑面倾角平均值（°），反倾时取负值；

——地震加速度（单位：重力加速度 g）；

——第 块段饿剩余下滑力传递至第 块段时的传递系数（ ）；

——第 条块地下水渗透压力产生的垂直滑面分力（kN/m）；

——第 条块地下水渗透压力产生的平行滑面分力（kN/m）；

——水的容重（kN/m3）；

——孔隙压力比。

③剩余下滑力计算公式：

Ei=K〔（Wi+Qi）sinαi+γwAisinαi）+ i Ei～1-（Wi+Qi）cos tgΦi-cili；

其中： ——第 i-1 条块的剩余下滑力(KN/m)，作用于分界面的中点；

——第 i 条块所在滑面倾角(°)；

k——滑坡推力安全系数，取值 k=1.05、1.10、1.15。

（3）土质边坡——主动土压力

根据库伦土压力理论，主动土压力计算公式：

式中：Ea——库伦主动土压力（KN/m）；

H——计算墙高（m）；

γ——墙前土容重（KN/m³）；

C——土体内聚力（KPa）；

Ka——主动土压力系数，计算公式为：

——潜在滑带土内摩擦角（°）；

δ——外摩擦角（°），取值 δ=Φ/2；

ε——墙背倾角（°），取值 0°；

β——墙后坡度（°），取 0°。滑动面的划定主要依据工程地质调查测绘（岩层产状及剪出口位置），因次确定了滑面，计算模型有：5-5’剖面、6-6’剖面。

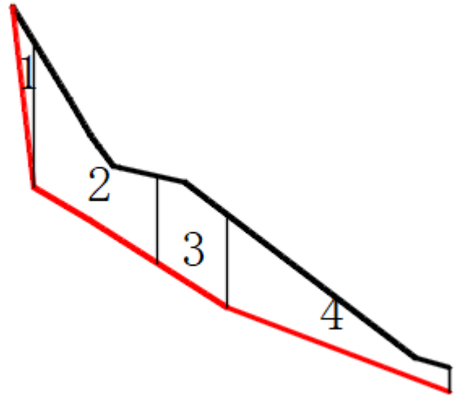


图 3-7　5-5’滑面模型

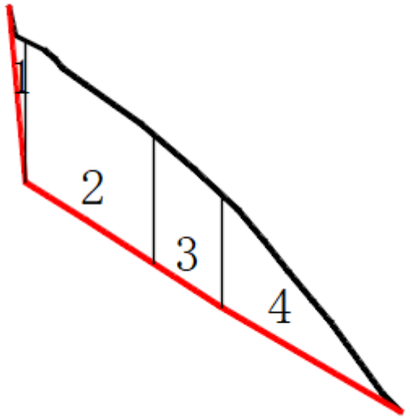


图 3-7 6-6’滑面模型

(2)计算数据准备

根据滑坡岩土体物理力学参数分析评价及参数取值，结合地区经验，综合确定剩余下滑推力计算和稳定系数计算中所采用的计算数据。本次计算所取数据值详见表 3-10。

表 3-10　滑动岩土体计算数据统计表

类型	天然重度（kN/m^3）	饱和重度（kN/m^3）	天然状态 c（kPa）	天然状态 φ（°）	饱和状态 c（kPa）	饱和状态 φ（°）
滑体	19.9	20.4	/	/	/	/
滑带	/	/	14.5	10.8	13.5	9.7

(3)滑坡滑动模式推力及稳定系数计算成果

滑坡稳定状态根据《滑坡治理工程勘查规范》（GB/T 32864-2016）稳定状态分级（表 3-11）表进行判定。

表 3-11 稳定状态分级表

稳定系数 Fs	F_s＜1.00	1.0≤F_s＜1.05	1.05≤F_s＜1.15	F_s≥1.15
稳定状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

注：Fs 为滑坡稳定性系数。

对计算模型按传递系数法进行滑坡滑动推力计算及稳定系数计算，结果见表 3-12，详细计算详见计算书。

表 3-12 剩余下滑力及稳定性计算成果表

剖面编号	计算工况	稳定性系数（Fs）	安全系数（Ks）	稳定性状态	剩余下滑力（kN/m）
5－5’	工况 I（天然工况）	1.10	1.15	基本稳定	2.64
	工况 II（自重＋暴雨工况）	1.04	1.05	欠稳定	10.93
6－6’	工况 I（天然工况）	1.09	1.15	基本稳定	1.73
	工况 II（自重＋暴雨工况）	1.02	1.05	欠稳定	13.21

注：井研县地区地质烈度为 6 度，故本次不进行地震工况计算。

由上表可知，该滑坡在工况 I：天然状态下处于基本稳定状态；在工况 II：暴雨饱和下，处于欠稳定状态

3.8 既有工程评述

工程区现无任何治理工程。

4. 治理方案设计

4.1 防治目标与原则

在充分掌握灾害体的变形形成条件、活动规律、危害特点的基础上，利用科学的方法和手段，治理工程措施必须遵循安全可靠、技术可行、经济合理、施工方便的总原则。主要遵循以下原则：

（一）以人为本原则

以人为本，落实国家政策，响应政府号召，“急群众之所急，想群众之所想”，将工作做好、做细，全力消除地质灾害隐患。

（二）安全可靠、技术可行的原则

根据灾害体的活动规律、危害性及危险性大小等特征确定防治工程，选取技术可行、经济合理和安全可靠的治理工程方案。

（三）设计合理、经济的原则

防治工程设计要因地制宜，经济合理地布设防治工程，治理工程应尽量以当前灾害治理为重点，以最小的代价获得最大的社会经济效益的原则。

（四）就地取材，因地制宜

主动防护与被动防护相结合，同时考虑保护好地质环境，尽可能减少对自然环境的破坏。

4.2 设计标准

1、根据《崩塌防治工程设计与施工技术规范》（DZ/T 0219—2006）5.1 条，可确定防治工程等级为III级。

4.3 治理方案总体设计

治理方案主要为考虑对崩塌危岩体进行**清危+凹腔封填+挡土墙**为主。对于房屋后滑坡区域采用**挡土墙**的方案。

4.4 治理方案分项设计

4.4.1 治理方案

1、锚固+凹腔封填

1、锚固+清危+凹腔封填

①对 WY2 底部采用 C20 封填。

②对 WY1 采用清危的方案，WY1 横宽约 3.0m，厚 1.2-1.8m，高 2.4m，方量 11m³;WY3

采用清危的方案，主要为清理表面松动岩块；WY4 采用清危的方案，主要为清理表面松动岩块，厚 2.6m 高 10.0m，横向宽 5.5m，方量约为 143m³ 。

2、 拟设 A 段及 B 段挡土墙，治理长度均为 25m，A 型墙高 3.5m，背坡直立，面坡比 1:0.2，顶宽 0.8m，底宽 1.5m，基础埋深 0.6；B 型墙高 3.0m，背坡直立，面坡比 1:0.2，顶宽 0.8m，底宽 1.1m，基础埋深 0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用 C20 混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为 120KPa，基底摩擦系数取 0.35。

4.4.3 工作量

治理工程工作量见下表 4-1。

表 4-1　治理工程工程量表

工作量表				
序号	分项工程	工作量	单位	备注
1	**A 段挡土墙**			
1.1	土方开挖	113.25	m³	
1.2	石方开挖	75.75	m³	
1.3	土方回填	68.5	m³	
1.4	C20 混凝土	100.625	m³	
1.5	模板制安与拆除	185.55	m²	
1.6	泄水孔	48	m	
1.7	伸缩缝	3.3	m²	
1.8	反滤层	18	m³	
1.9	封填粘土	4.5	m³	
1.10	土石方外运	120.5	m³	
2	**B 段挡土墙**			
2.1	土方开挖	55	m³	
2.2	石方开挖	66.35	m³	
2.3	土方回填	62.5	m³	
2.4	C20 混凝土	82.5	m³	
2.5	模板制安与拆除	158.1	m²	
2.6	泄水孔	48	m	
2.7	伸缩缝	3.3	m²	
2.8	反滤层	18	m³	
2.9	封填粘土	4.5	m³	
2.10	土石方外运	58.85	m³	
3	**P1-P3 段排水沟**			
3.1	土方开挖	17.6	m³	
3.2	土方回填	5.85	m³	
3.3	C20 混凝土	8.15	m³	
3.4	模板制安与拆除	68	m²	
3.5	土方外运	11.75	m³	
4	危岩带治理			
4.1	清危	143	m³	
4.2	石方外运	143	m³	
4.7	C20 凹腔封填	4.402	m³	

5.施工组织设计

5.1 施工条件

1、交通条件

灾害点地理位置位于井研县东林镇东光村 3 组，距离县城公路里程约 13km。有村道直达灾点附近，需要进行材料二次转运，运距为 50m。

2、水、电供应

本次治理工程施工用水、用电经现场调查，由于本工程较小，用水量不大，工程用水可直接从附近生活用水接取，施工区内电力条件较为便捷，对于大功率临时设备用电可由附近搭接，搭接距离约 100m。

3、占地、占道

该治理工程施工占地分为治理工作面占地、施工道路占地、材料堆放场地、临时设施占地，工程占地范围内无搬迁居民及设施。

根据工程布置，施工临时占地 0.5 亩，永久占地 0.2 亩。

5.2 建筑材料

工区附近无天然建筑材料——砂、石料，工程所需的砂、石天然建筑材料可从井研县城附近建材市场购买。距离井研县城约 13Km，需进行材料二次运输距离 50m。

5.3 施工方法及施工机械

5.3.1 锚杆施工

（1）施工顺序

确定孔位→钻机就位→调整角度→钻孔→清孔→锚杆安装→注浆→制作格构梁

（2）锚杆框架施工方法

①锚杆孔位放线

按照设计图纸要求，在锚杆施工范围内，起止点用仪器设置固定桩，中间段视条件加密，并应保证在施工阶段不被破坏。其他孔位以固定桩为准钢尺丈量，全段统一放样，孔位误差不得超过±50mm。

竖梁的具体长度可根据边坡实际高度确定，但锚杆的位置须按等分坡面的长度进行放样，其间距可适当调整。

②钻孔设备

钻孔机具的选择，根据锚固地层的类别、锚杆孔径、锚杆深度以及施工场地条件等来选择。本次选用潜孔钻钻机成孔。

③钻机就位

搭设脚手架及施工作业平台，其稳定性及安全性应符合相关要求及规定。根据坡面测放的孔位，准确安装固定钻机，并严格认真进行机位调整，确保锚杆孔开孔就位纵横误差不超过±50mm，高程误差不超过±100mm，钻孔倾角及方向符合设计要求，倾角允许误差为±1°，方位误差为±2°，孔深误差为+200mm。钻机安装要求水平、稳固，施工过程中应随时进行检查。

④钻进方式

钻孔要求干钻，禁止采用水钻，以确保锚杆施工不至于恶化边坡岩体的工程地质条件和保证孔壁的粘结性能，钻进速度应根据钻进的性能及锚固地层严格控制。如遇塌孔缩孔等不良钻进现象时，须立即停钻，及时进行固壁灌浆处理，待水泥砂浆初凝后，重新扫孔钻进。

⑤锚杆孔清理及验收

钻进达到设计孔深后，不能立即停钻，要求稳钻 1～2min，防止孔底尖灭，达不到设计要求。孔壁不得有沉渣，必须清理干净。锚杆钻孔结束后，须经现场验收合格后，方可进行下一道工序。

⑥锚杆制作及安装

锚杆杆体采用 HRB400 级Φ28 螺纹钢，沿轴线按设计设置定位器，锚杆尾端应进行防腐处理，端头与格构梁钢筋焊接，锚杆在运输过程中，应防止钢筋弯折，定位器的松动。

⑦锚固注浆

常压注浆作业应从孔底开始，实际注浆量应比理论量偏大，或以孔口不再排气且孔口浆液溢出浓浆作为注浆结束的标准。若一次灌浆不满或注满后发生沉降，要补充注浆，注满为止，锚固体采用 M30 水泥砂浆。

5.3.2 防护网施工

1、工艺流程

施工程序：锚杆及基座定位→基坑开挖与混凝土（土质地层 B 类锚固）或钻锚杆孔（岩质地层 A 类锚固）→基座及锚杆安装→钢柱及拉锚绳安装与调试→支撑绳安装与调试—环形型网的铺挂与连接（采用缝合绳连接）→格珊的铺挂。

2、操作工艺

(1)依据施工图纸设计要求用全站仪确定锚杆孔孔位及基座位置。

(2)基坑开挖与混凝土或钻锚杆孔

土质地层 B 类锚固及钢柱基座基坑采用人工开挖的施工方法。基坑开挖结束后人工将基坑清理干净，而后人工浇注混凝剂基础并预埋钢丝绳锚杆或地脚螺栓锚杆。岩质地层 A 类锚固采用手风钻钻钢丝绳锚杆孔或钢柱基座地脚螺栓锚杆孔。

(3)锚杆及基座安装

锚杆安装：锚杆孔清理完毕后采用 MZ-30 锚杆注浆机灌注砂浆，人工安装钢丝绳锚杆或地脚螺栓锚杆。

基座安装：钢柱基座采用人工安装。

(4)钢柱及拉锚绳安装与调试

钢柱及拉锚绳均采用人工安装的施工方法，钢柱及拉锚绳安装完后严格按照施工图纸进行调试，使其准确定位。

(5)支撑绳安装与调试

支撑绳采用人工安装的施工方法，支撑绳安装完后严格按照施工图纸进行调试，使其准确定位。

(6)环形型网的铺挂与连接

环形型网采用人工铺挂的施工方法，环形型网连接采用缝合绳连接方式。

(7)格珊的铺挂

格珊采用人工铺挂的施工方法

5.3.3.挡墙工程施工

1、挡墙的施工顺序为：测量放线定位→基槽开挖→护面墙基础处理→护面墙基础面清理→垫层施工→护面墙浇筑→土方回填→墙前土体硬化。

（1）护面墙每 10～15 米设 2～3cm 宽的伸缩缝，内嵌浸沥青麻筋或沥青木板。

（2）护面墙砌成后，墙前要回填并夯实。

（3）护面墙基础开挖后应保证基地干燥，无积水，挡土墙基底土层应进行夯压，压实度不小于 90%。基础开挖后应进行验槽，满足设计要求后进行下一步工序。

（4）护面墙开挖根据实际地质情况确定坡比，必要时进行临时支护，确保安全。

其他未尽的构造技术要求参照国家相关规范执行。

5.3.4 其他施工注意事项

(1)本防治工程遵循“动态设计，信息法施工”原则，由于本工程为清危工程，前期工作主要以地表调查为主，岩土参数主要依据工程经验，施工过程，尤其是基础开挖过程中，施工单位应由专业人员进行地质资料编录，在施工过程中若发现设计与实际情况存在较大出入时，应及时将有关资料和信息反馈给设计单位，以便达到经济有效的治理目的。

（2）施工单位在施工前，必须认真阅读设计说明和所有设计图纸，并严格按照国家有关部委颁布的现行规范和规程执行，以确保工程质量。

（3）开工前应对工程布置位置进行放样，施工图上开挖线如与实际地形不符，可根据实际地形测算后对工程布置位置做合理调整。

（4）基础开挖的土石方必须转运至指定地点，严禁堆放在斜坡上。

（5）做好边坡周边警示标志，禁止非工作人员进入施工场地。

（6）应尽量避免在雨季施工，施工时应禁止边坡下部通道有人流、车辆通过。

（7）基槽的开挖应采用人工、分段进行开挖，严禁采用机械开挖，严禁一次开挖成型。

（8）在所有施工过程中，要特别注意施工作业的安全，并做好临时监测，若遇异常及时上报

5.4 施工顺序及进度计划

该工程进度要求较紧迫，考虑各分部工程施工进度如下：施工准备 2 天、挂网+锚杆工程+清危 25 天，场地清理撤场工作 2 天，竣工验收 1 天。部分分项工程可同步开展，综合计算，本次治理工程总的施工工期为 30 天。

5.5 安全防护措施

安全文明施工就是要创造和保持一个良好的施工环境，坚持施工程序化，使施工现场经常保持整洁，道路、消防信道、排水沟畅通，各种安全防护设施、设备完备，安全防护设施标准化。

文明施工管理包括现场管理、料具管理和施工环境管理等方面，做好施工现场文明管理。

工程安全管理目标是重大伤亡事故率为零,为实现目标须按如下保证实施：

（1）施工时应与施工监测同步进行。当崩塌出现变形，并将危及施工人员安全时，及时通知人员撤离。

（2）施工前，认真学习有关安全管理规定，严格执行《建筑施工安全法规标准手册》，以及中国建材建设总公司编制的《机械工人安全技术操作规程》等。

（3）认真检查和处理作业区的松动岩体，施工机具应布置在安全地带。

（4）施工前在作好技术交底的同时，必须进行安全交底。每天施工前，应对所用安全设施、安全用具进行仔仔细细的检查，杜绝事故隐患。

（5）所有施工机具使用前必须检查试运转，方能专人使用。

（6）处理机械事故时，必须在设备停机时检查、维修。

（7）进入施工现场的工作人员必须经过三级安全教育和培训，经考试合格后方准上岗。特殊工种必须具有中国国家和地方有关部门发给的合格证方准上岗。所有管理人员、技术人员均要挂牌上岗。

（8）非施工操作人员不得进入正在进行施工的作业区。

（9）坚持和完善安全生产责任制度、安全生产教育制度、安全检查制度及事故调查处理制度，把各项安全施工指标层层分解到班组，提高全体员工的安全意识。

（10）检查各作业面安全技术措施落实情况，调查分析事故原因，坚持四不放过原则（事故原因不清楚不放过，没有防范措施不放过， 群众和个人没有受到教育不放过，责任者未进行处理不放过）。

（11）施工现场设置明显的安全标志。进入现场设立“必须戴安全帽”标志等等。安全标语要规范。

（12）严禁夜间、雨天施工。

（13）架空线路用混凝土杆或木杆。

（14）施工现场文明整洁，材料、设备、机具堆放有序，道路畅通，各工序各分项完成后即使清理场地。材料应按不同种类，规格挂牌堆放。

5.6 工程质量管理

1、管理体制与组织机构

成立治理工程领导小组。领导小组下设业主单位，由项目负责人组织实施。领导小组职责：领导业主单位搞好工程，负责协调各部门工作，尤其是资金筹措的协调工作。

项目业主单位的职责：

①以业主的身份主持整个工程的实施；

②发包施工合同，选择各项工程的施工单位；

③负责各项工程的竣工验收；

④负责筹措资金；

2、工程管理范围和保护范围

工程管理范围包括：（1）投资控制与管理，尽量以较少的投入完成治理项目；（2）质量控制与管理，工程质量是百年大计，质量重于泰山，严格控制质量是十分必要的；（3）进度控制与管理，是有计划、有步骤进行的有序建设，为配合其建设进程，作为配套建设不得拖延。

3、工程设施维护与管理

地质灾害治理地段原有工程设施需要保留的应纳入管理与维护范围之内，与新建的工程设施进行同步管理，并进行必要的检测、维护工作。

竣工后的工程设施移交当地有关部门后，当地有关部门应建立一套完整的制度，以高度的责任心定期与不定期的对工程设施进行巡视、监测和维护工作。

4、工程保护范围的使用与管理

工程保护范围内的工程设施及与之相关的附属设施、土地、地材等都有其应有的作用，不得随意改变其形态及性能。任何的变动都得在工程管理部门进行登记备案，管理部门应邀请原设计部门对其变动情况进行技术分析，不得影响工程设施发挥正常功效。

6. 工程施工预算

6.1 投资预算编制的原则和依据

1、编制原则

（1）根据本工程治理投入的工作量编制；

（2）相关费用参考有关文件以及施工当地的实际价格执行。

（3）《四川省地震灾区重大地质灾害防治工程项目资金管理暂行办法》

2、工程预算选用定额

（1）国家和有关主管部门颁发的有关法规；

（2）《四川省地质灾害治理工程概（预）算标准治理工程预算定额》；

（3）《四川省地质灾害治理工程概（预）算标准工程施工机械台时费定额及混凝土、砂浆配合比基价》；

（4）《乐山市井研县建筑材料市场信息价》2024 年 9 月。

6.2 投资预算

本次治理工程的总投资费用为 25.96 万元，建安费为 19.14 万元，独立费 5.58 万元。详细预算结果见附表。

工况一：天然状态

剖面号	滑块号	滑体比重 γ (kN/m³)	滑块面积 S_i (m²)	地面荷载 (kN/m)	滑块重量 W_i (kN/m)	滑动面粘聚力 c_i	滑动面内摩擦角 φ_i	滑动面倾角 α_i	滑面长 l_i (m)	地震影响系数 g	地震下滑分力 (kN/m)	地震压分力 (kN/m)	传递系数 ψ_n $\psi_i=cos(\alpha_i-\alpha_{i+1})-sin(\alpha_i-\alpha_{i+1})tan\varphi_i$	正压力 $N_i=W_i\cdot cos\alpha_i$ (kN/m)	重力下滑分力 $W_i\cdot sin\alpha_i$ (kN/m)	安全系数 F_s 1.2~1.3（按工况折减0.05~0.1）	滑块摩阻力	滑块粘滞力	滑块下滑力 T_i	滑块抗滑力 R_i	累计传递下滑力 T_n	累计传递抗滑力 R_n	滑坡推力 F_i(kN/m) $F_i=F_{i-1}\cdot\psi_{i-1}+F_s\cdot T_i-R_i$	至各块段稳定系数	稳定系数
1~1'剖面	1	19.9	0.076	0.00	1.51	14.50	10.80	83	1.5	0.00	0.00	0.00	0.497	0.18	1.50	1.15	0.04	21.75	1.50	21.79	1.50	21.79	0.00	14.51	1.09
	2	19.9	1.293	0.00	25.73	14.50	10.80	33	0.61	0.00	0.00	0.00	1.000	21.58	14.01	1.15	4.12	8.85	46.01	12.96	46.76	23.78	39.95	0.51	
	3	19.9	0.611	0.00	12.16	14.50	10.80	33	1.4	0.00	0.00	0.00	0.938	10.20	6.62	1.15	1.95	20.30	6.62	22.25	53.38	46.03	25.32	0.86	
	4	19.9	0.78	0.00	15.52	14.50	10.80	21	1.77	0.00	0.00	0.00	0.865	14.49	5.56	1.15	2.76	25.67	5.56	28.43	55.66	71.62	1.73	1.09	

工况二：饱和状态

剖面号	滑块号	滑体比重 γ (kN/m³)	滑块面积 S_i (m²)	地面荷载 (kN/m)	滑块重量 W_i (kN/m)	滑动面粘聚力 c_i	滑动面内摩擦角 φ_i	滑动面倾角 α_i	滑面长 l_i (m)	地震影响系数 g	地震下滑分力 (kN/m)	地震压分力 (kN/m)	传递系数 ψ_n $\psi_i=cos(\alpha_i-\alpha_{i+1})-sin(\alpha_i-\alpha_{i+1})tan\varphi_i$	正压力 $N_i=W_i\cdot cos\alpha_i$ (kN/m)	重力下滑分力 $W_i\cdot sin\alpha_i$ (kN/m)	安全系数 F_s 1.2~1.3（按工况折减0.05~0.1）	滑块摩阻力	滑块粘滞力	滑块下滑力 T_i	滑块抗滑力 R_i	累计传递下滑力 T_n	累计传递抗滑力 R_n	滑坡推力 F_i(kN/m) $F_i=F_{i-1}\cdot\psi_{i-1}+F_s\cdot T_i-R_i$	至各块段稳定系数	稳定系数
1~1'剖面	1	20.4	0.076	0.00	1.55	13.50	9.70	83	1.5	0.00	0.00	0.00	0.512	0.19	1.54	1.05	0.03	20.25	1.54	20.28	1.54	20.28	0.00	13.18	1.02
	2	20.4	1.293	0.00	26.38	13.50	9.70	33	0.61	0.00	0.00	0.00	1.000	22.12	14.37	1.05	3.78	8.24	58.37	12.02	59.15	22.40	49.27	0.38	
	3	20.4	0.611	0.00	12.46	13.50	9.70	33	1.4	0.00	0.00	0.00	0.943	10.45	6.79	1.05	1.79	18.90	6.79	20.69	65.94	43.08	35.71	0.65	
	4	20.4	0.78	0.00	15.91	13.50	9.70	21	1.77	0.00	0.00	0.00	0.872	14.86	5.70	1.05	2.54	23.90	5.70	26.43	67.86	67.05	13.21	1.02	

工况一：天然状态

剖面号	滑块号	滑体比重 γ (kN/m³)	滑块面积 S_i (m²)	地面荷载 (kN/m)	滑块重量 W_i (kN/m)	滑动面粘聚力 c_i	滑动面内摩擦角 φ_i	滑动面倾角 α_i	滑面长 l_i (m)	地震影响系数 g	地震下滑分力 (kN/m)	地震压分力 (kN/m)	传递系数 ψ_n $\psi_i=cos(\alpha_i-\alpha_{i+1})-sin(\alpha_i-\alpha_{i+1})tan\varphi_i$	正压力 $N_i=W_i\cdot cos\alpha_i$ (kN/m)	重力下滑分力 $W_i\cdot sin\alpha_i$ (kN/m)	安全系数 F_s 1.2~1.3（按工况折减0.05~0.1）	滑块摩阻力	滑块粘滞力	滑块下滑力 T_i	滑块抗滑力 R_i	累计传递下滑力 T_n	累计传递抗滑力 R_n	滑坡推力 F_i(kN/m) $F_i=F_{i-1}\cdot\psi_{i-1}+F_s\cdot T_i-R_i$	至各块段稳定系数	稳定系数
2~2'剖面	1	19.9	0.12	0.00	2.39	14.50	10.80	83	1.6	0.00	0.00	0.00	0.481	0.29	2.37	1.15	0.06	23.20	2.37	23.26	2.37	23.26	0.00	9.81	1.10
	2	19.9	0.87	0.00	17.31	14.50	10.80	32	1.24	0.00	0.00	0.00	1.000	14.68	9.17	1.15	2.80	17.98	49.17	20.78	50.31	31.97	35.77	0.64	
	3	19.9	0.48	0.00	9.55	14.50	10.80	32	0.7	0.00	0.00	0.00	0.945	8.10	5.06	1.15	1.55	10.15	5.06	11.70	55.38	43.66	29.90	0.79	
	4	19.9	0.85	0.00	16.92	14.50	10.80	21	2.04	0.00	0.00	0.00	0.865	15.79	6.06	1.15	3.01	29.58	6.06	32.59	58.41	73.86	2.64	1.10	

工况二：饱和状态

剖面号	滑块号	滑体比重 γ (kN/m³)	滑块面积 S_i (m²)	地面荷载 (kN/m)	滑块重量 W_i (kN/m)	滑动面粘聚力 c_i	滑动面内摩擦角 φ_i	滑动面倾角 α_i	滑面长 l_i (m)	地震影响系数 g	地震下滑分力 (kN/m)	地震压分力 (kN/m)	传递系数 ψ_n $\psi_i=cos(\alpha_i-\alpha_{i+1})-sin(\alpha_i-\alpha_{i+1})tan\varphi_i$	正压力 $N_i=W_i\cdot cos\alpha_i$ (kN/m)	重力下滑分力 $W_i\cdot sin\alpha_i$ (kN/m)	安全系数 F_s 1.2~1.3（按工况折减0.05~0.1）	滑块摩阻力	滑块粘滞力	滑块下滑力 T_i	滑块抗滑力 R_i	累计传递下滑力 T_n	累计传递抗滑力 R_n	滑坡推力 F_i(kN/m) $F_i=F_{i-1}\cdot\psi_{i-1}+F_s\cdot T_i-R_i$	至各块段稳定系数	稳定系数
2~2'剖面	1	20.4	0.12	0.00	2.45	13.50	9.70	83	1.6	0.00	0.00	0.00	0.496	0.30	2.43	1.05	0.05	21.60	2.43	21.65	2.43	21.65	0.00	8.91	1.04
	2	20.4	0.87	0.00	17.75	13.50	9.70	32	1.24	0.00	0.00	0.00	1.000	15.05	9.41	1.05	2.57	16.74	9.41	19.31	10.61	30.06	0.00	2.83	
	3	20.4	0.48	0.00	9.79	13.50	9.70	32	0.7	0.00	0.00	0.00	0.949	8.30	5.19	1.05	1.42	9.45	45.19	10.87	55.80	40.93	36.58	0.73	
	4	20.4	0.85	0.00	17.34	13.50	9.70	21	2.04	0.00	0.00	0.00	0.872	16.19	6.21	1.05	2.77	27.54	6.21	30.31	59.17	69.15	10.93	1.04	

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案平面布置图

1:500

治理方案措施

设计方案：

1、锚固+清危+凹腔封填

①对WY2底部采用C20封填。

②对WY1采用清危的方案，WY1横宽约3.0m，厚1.2-1.8m，高2.4m，方量11m³;WY3采用清危的方案，主要为清理表面松动岩块；WY4采用清危的方案，主要为清理表面松动岩块，厚2.6m高10.0m，横向宽5.5m，方量约为143m³。

2、 拟设A段及B段挡土墙，治理长度均为25m，A型墙高3.5m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.5m，基础埋深0.6；B型墙高3.0m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.1m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35。

施工组织设计

1、工区附近无天然建筑材料——砂、石料，工程所需的砂、石天然建筑材料可从井研县城附近建材市场购买。距离井研县城约13Km，进行材料二次运输距离50m。

2、水、电供应

本次治理工程施工用水、用电经现场调查，由于本工程较小，用水量不大，工程用水可直接从附近居民住处生活用水接取，施工区内电力条件较为便捷，对于大功率临时设备用电可由附近搭接，搭接距离约100m。

3、占地、占道

该治理工程施工占地分为治理工作面占地、施工道路占地、材料堆放场地、临时设施占地，工程占地范围内无搬迁居民及设施。

铁路

危岩带采用清危+凹腔封填

WY1采用清危，WY2采用凹腔封填，WY3采用清危，WY4采用清危，

拟设B段挡土墙，治理长度25m，墙高3.0m，背坡直立
面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.4m，基础埋深0.6

拟设截排水沟，长度40m，水沟壁厚均为0.2m，
沟底宽0.3m，沟深0.3m，具体见大样图

拟设A段挡土墙，治理长度25m，墙高3.5m，背坡直立
面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.5m，基础埋深0.6

A1 A2 B1 B2 P1 P2 P3 LS1 LS2 LS3 LS4 K1 K2

1 2 3 4 5 6 7 1’ 2’ 3’ 4’ 5’ 7’

砖 坝 水泥 材料进场路线 临时材料堆放 临时项目部

K1 392.431

N

图例

- J_2S 侏罗系中统沙溪庙组
- Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层
- 危岩
- 危岩带范围
- 威胁范围
- 地质界线
- 设计挡墙
- 设计被动网
- 房屋
- 道路

工程拐点坐标		
序号	X	Y
A1	3280408.777	418010.996
A2	3280398.933	418033.976
B1	3280396.307	418085.953
B2	3280419.865	418094.320

控制点坐标		
序号	X	Y
K1	3280387.025	418097.967
K2	3280381.413	418050.537

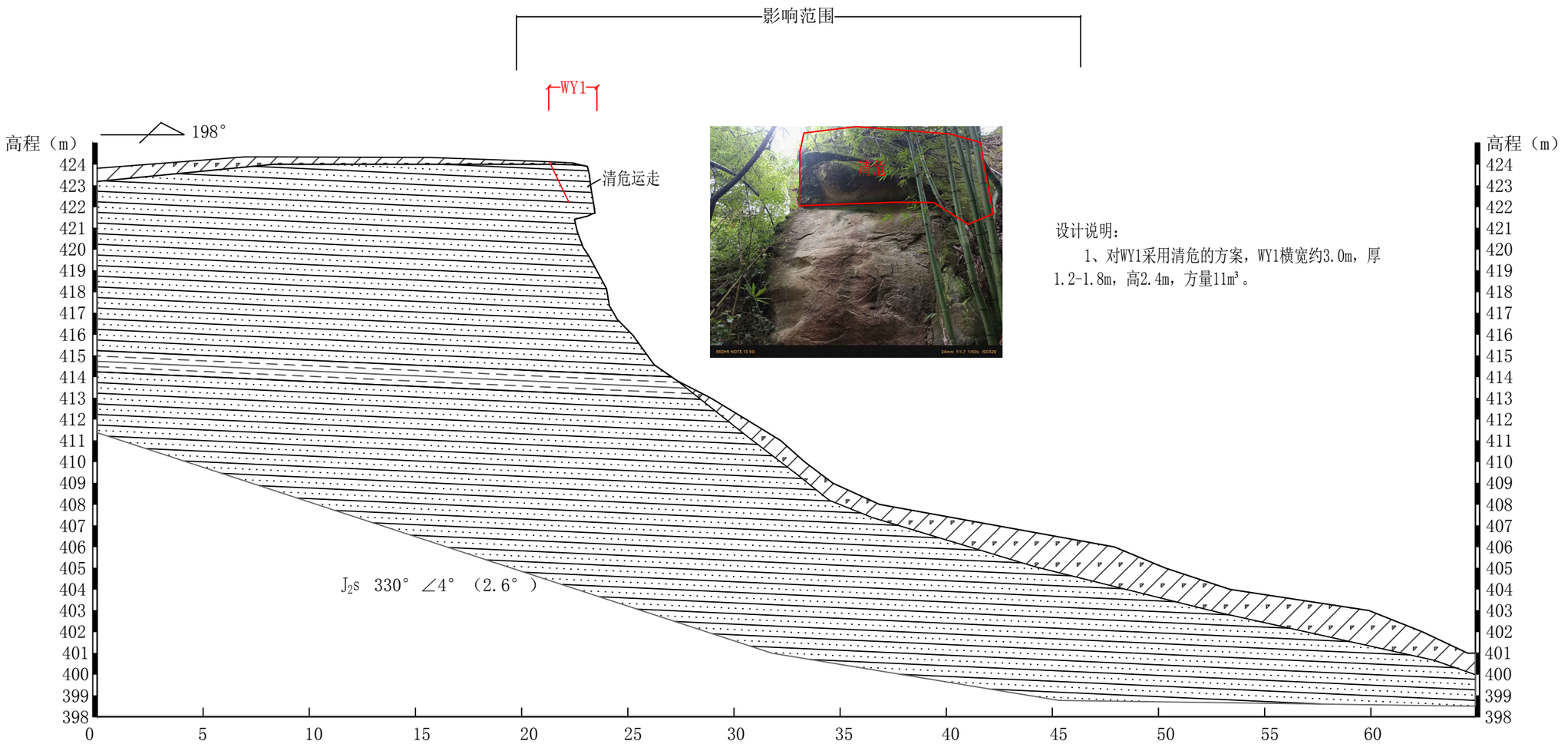
四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B1510024827 有效期至：2028年08月29日

中建材西南勘测设计有限公司						
项目负责	陈代武	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案平面布置图				
制　图	蒙泽谦					
校　核	陈代武					
审　核	张家胜	比例	1:500	日期	2024.11	
总经理	孙铁钢	图号	1-1	顺序号	01	

417.94 418.19 3280.49 3280.34

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案1-1’剖面图

比例尺 1:200



设计说明：

1、对WY1采用清危的方案，WY1横宽约3.0m，厚1.2-1.8m，高2.4m，方量11m³。

图例

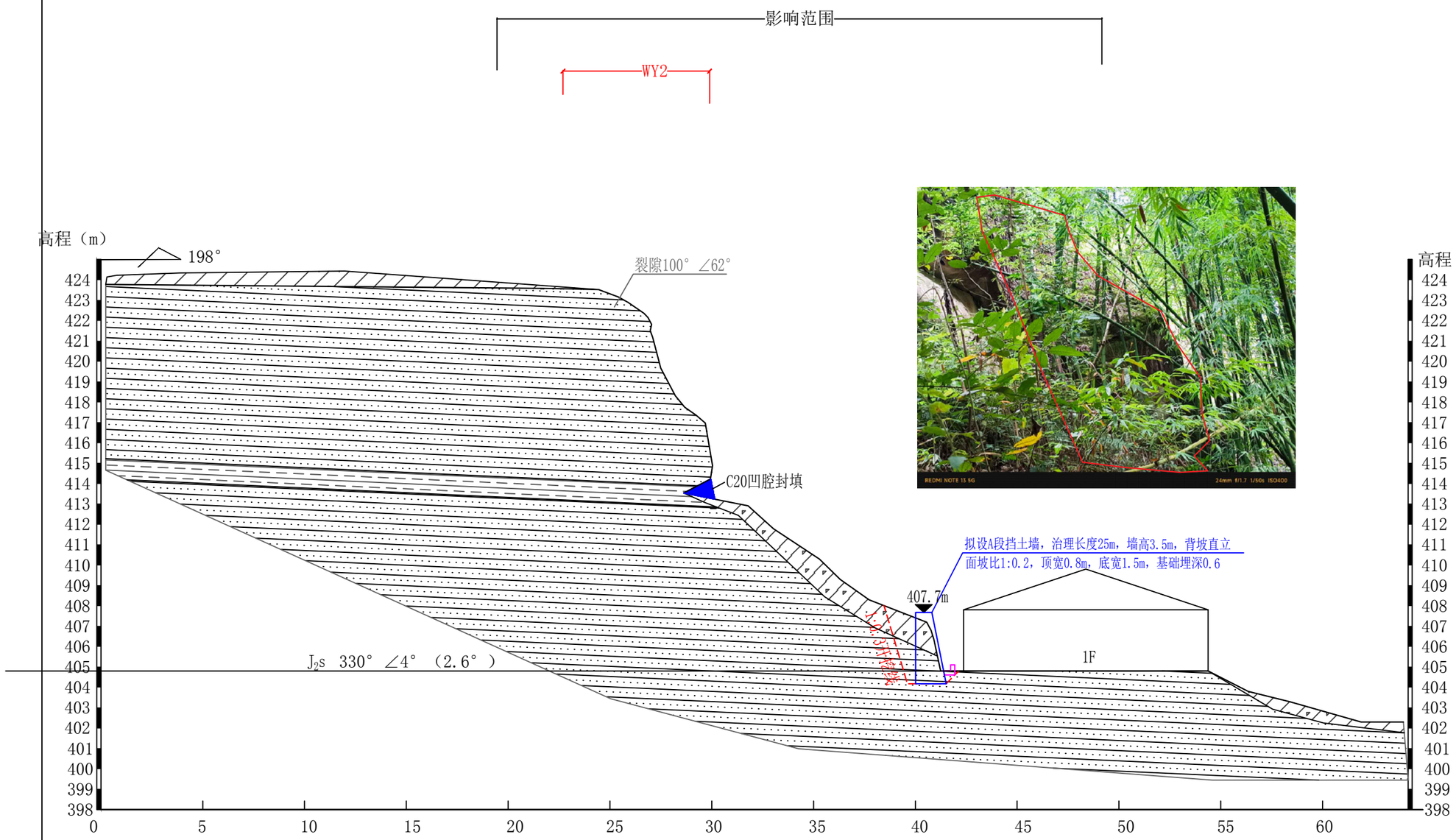
Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层　J_2S 侏罗系中统沙溪庙组　Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层　330° ∠4° 岩层产状　泥岩　砂岩

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案1-1’剖面图	制 图		校 核		审 核		图 号	2-1

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案2-2’剖面图

比例尺 1:200



设计说明：

1、拟设A段挡土墙，治理长度25m，墙高3.5m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.5m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35，挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

2、对WY2底部采用C20封填。

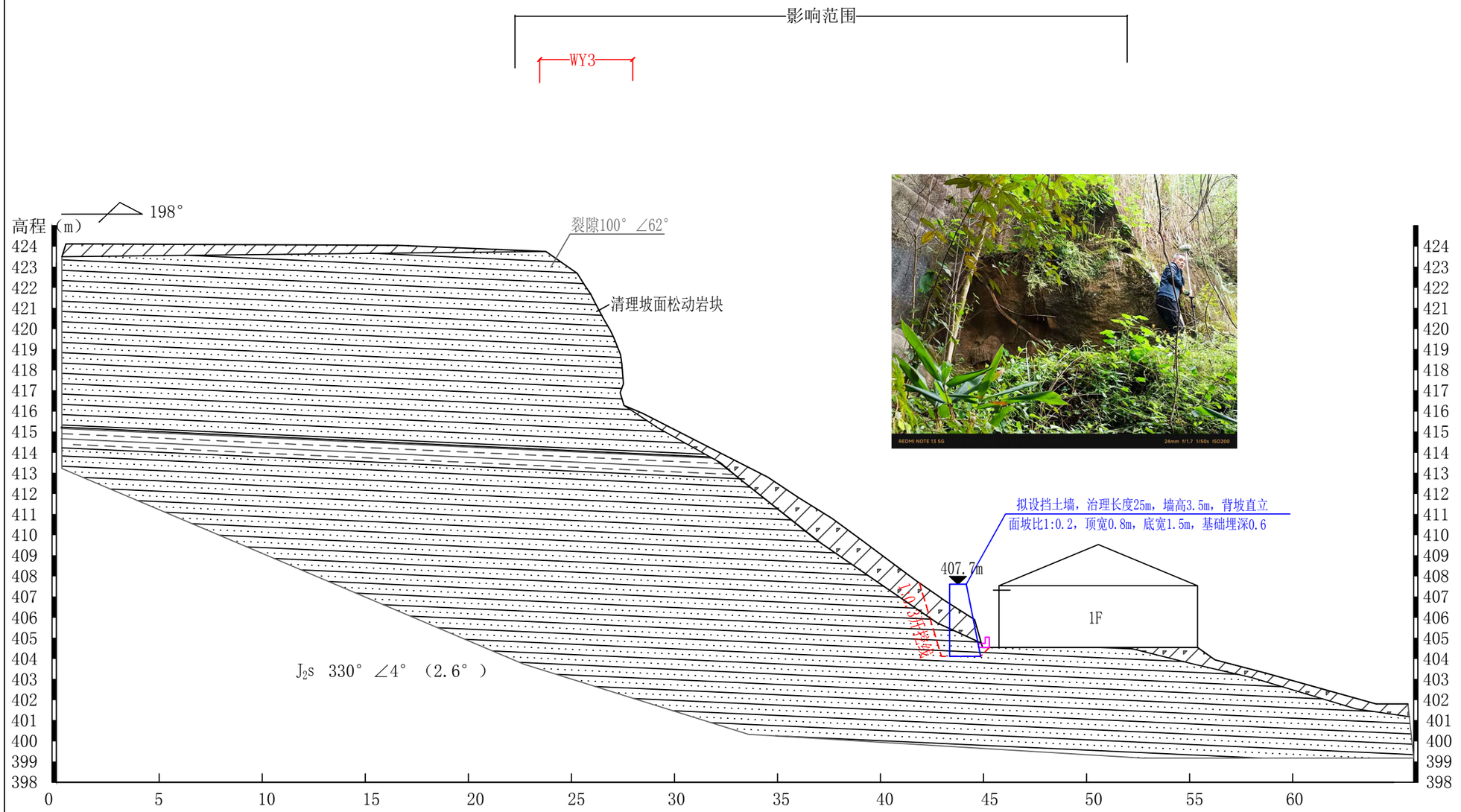
图例 Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层　J_2S 侏罗系中统沙溪庙组　Q_4^{col} 第四系全新统崩积层　含碎石粉质黏土　泥岩　砂岩

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡危除险实施方案2-2’剖面图	制 图		校 核		审 核		图 号	2-2

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案3-3’剖面图

比例尺 1:200



设计说明：

1、拟设A段挡土墙，治理长度25m，墙高3.5m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.5m，基础埋深0.6m，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35，挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

2、对WY3采用清理坡面松动岩块。

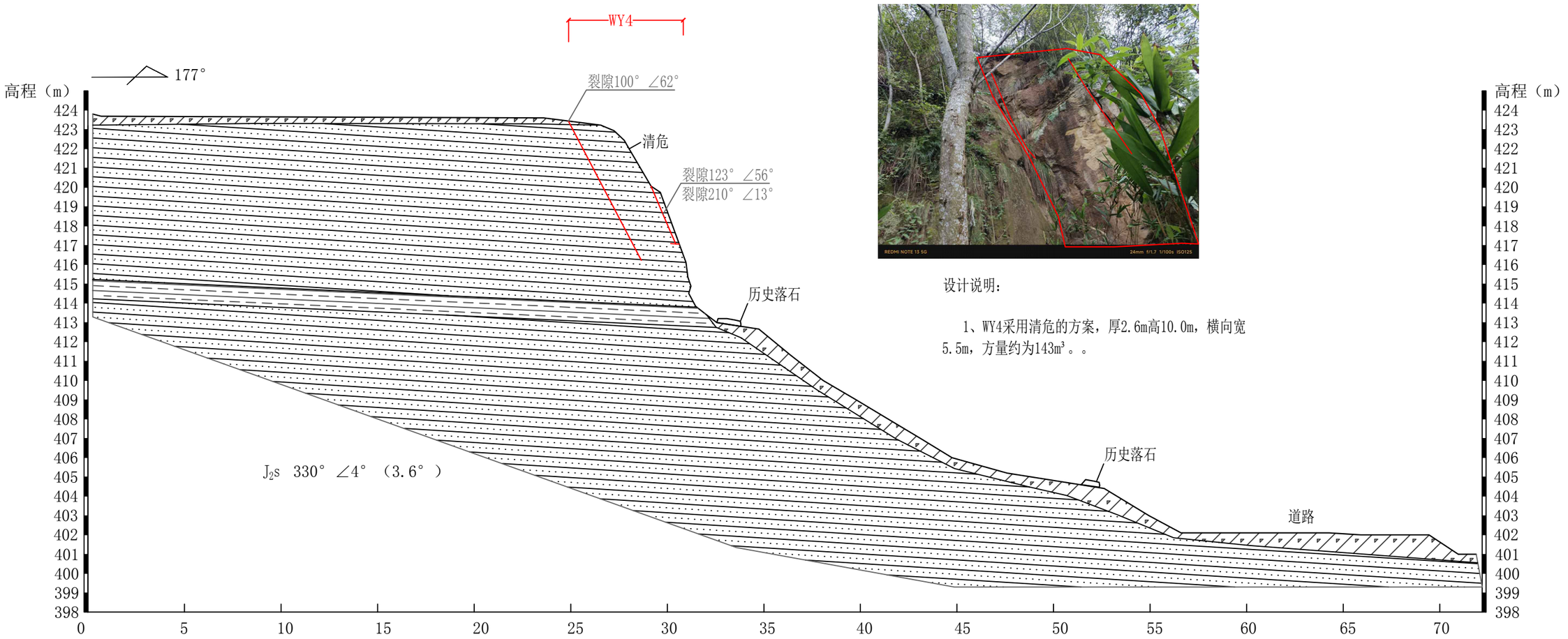
图例：Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层；J_2s 侏罗系中统沙溪庙组；Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层；含碎石粉质黏土；S_{30}^{4-7} 岩层产状；泥岩；砂岩

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月27日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡危除险实施方案3-3’剖面图	制 图		校 核		审 核		图 号	2-3

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案4-4’剖面图

比例尺 1:200



设计说明：

1、WY4采用清危的方案，厚2.6m高10.0m，横向宽5.5m，方量约为143m³。。

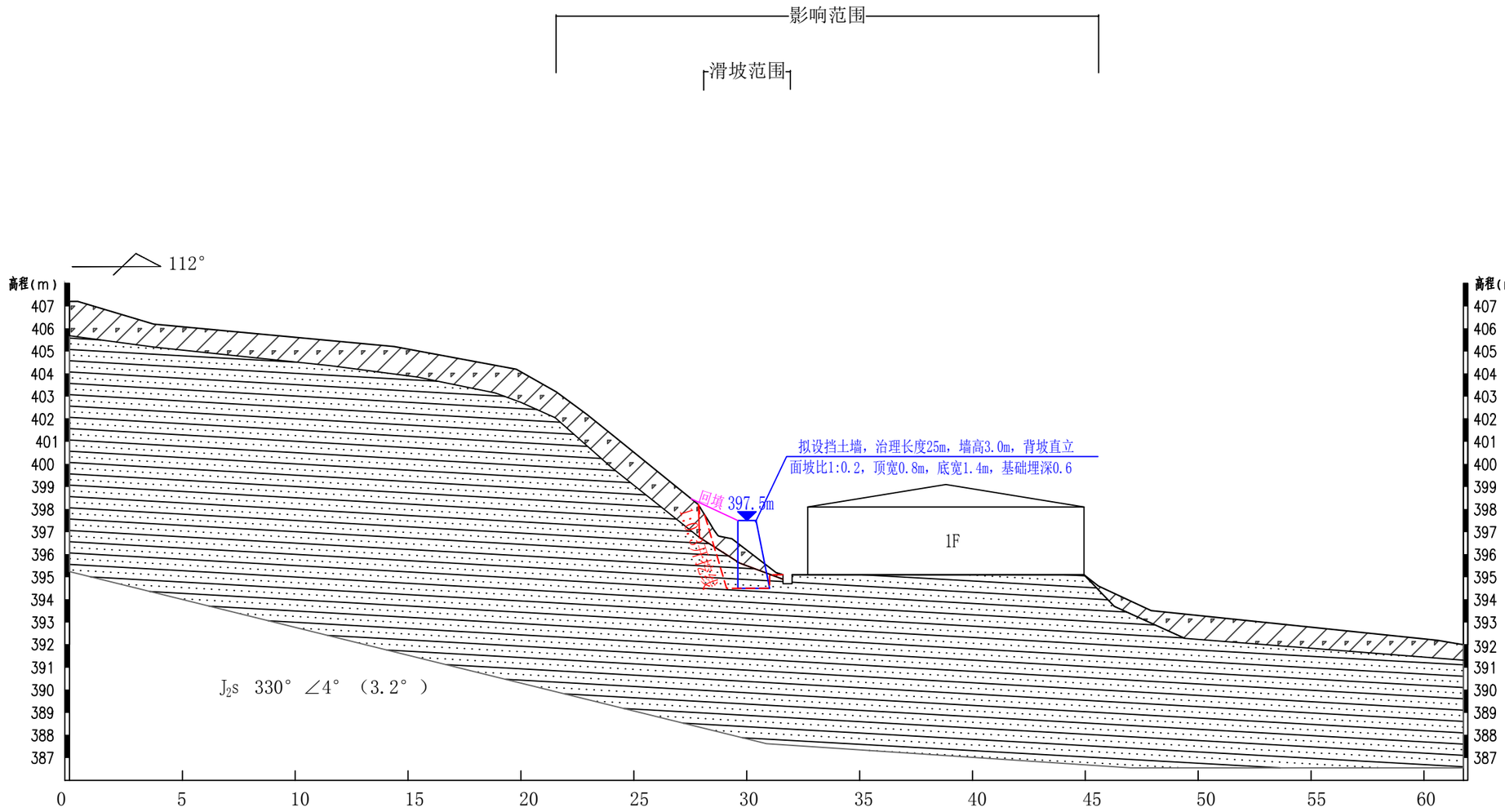
图例 Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层　J_2S 侏罗系中统沙溪庙组　Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层　含砾石粘土　330°∠4° 岩层产状　泥岩　砂岩

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案4-4’剖面图	制 图		校 核		审 核		图 号	2-4

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案5-5’剖面图

比例尺 1:200



说明：

1、本图尺寸除特别注明外，单位均为mm；

2、拟设挡土墙，治理长度25m，墙高3.0m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.4m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为强风化砂岩，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35。

3、挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

4、挡墙基础施工时禁止全段面开挖，应采取分区、分段开挖，以确保安全。

5、基槽开挖达到设计要求后应及时浇筑，避免基槽泡水等。

6、当基础开挖实际地层与设计地层出入较大时，应及时通知设计单位、监理单位到现场提出相应解决方案。

7、未尽事宜参照相关规程规范。

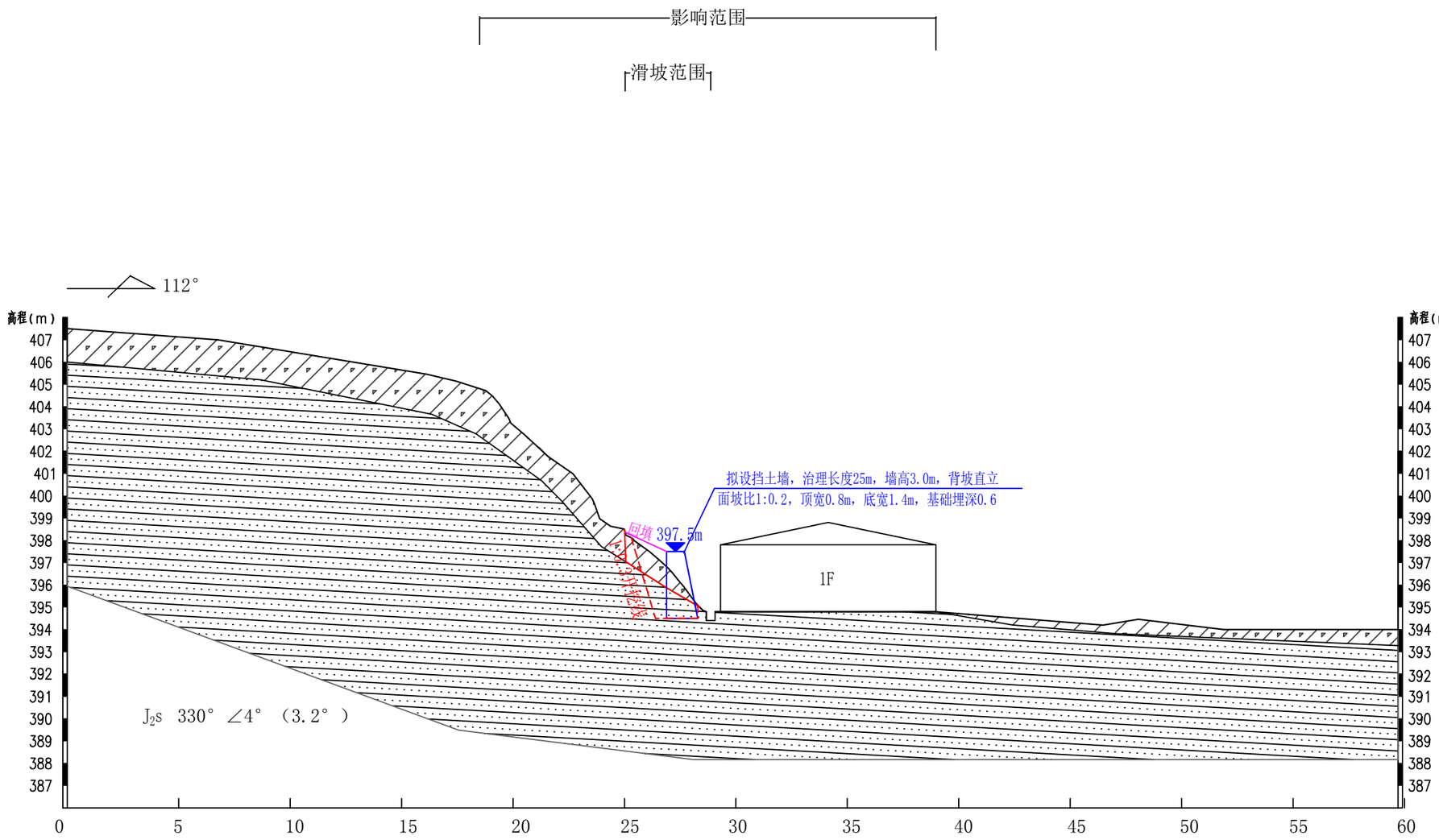
图例 Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层　J_2s 侏罗系中统沙溪庙组　Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层　泥岩　砂岩

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月27日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案5-5’剖面图	制 图		校 核		审 核		图 号	2-5

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案6-6’剖面图

比例尺 1:200



说明：

1、本图尺寸除特别注明外，单位均为mm；

2、拟设挡土墙，治理长度25m，墙高3.0m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.4m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为强风化砂岩，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35。

3、挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

4、挡墙基础施工时禁止全段面开挖，应采取分区、分段开挖，以确保安全。

5、基槽开挖达到设计要求后应及时浇筑，避免基槽泡水等。

6、当基础开挖实际地层与设计地层出入较大时，应及时通知设计单位、监理单位到现场提出相应解决方案。

7、未尽事宜参照相关规程规范。

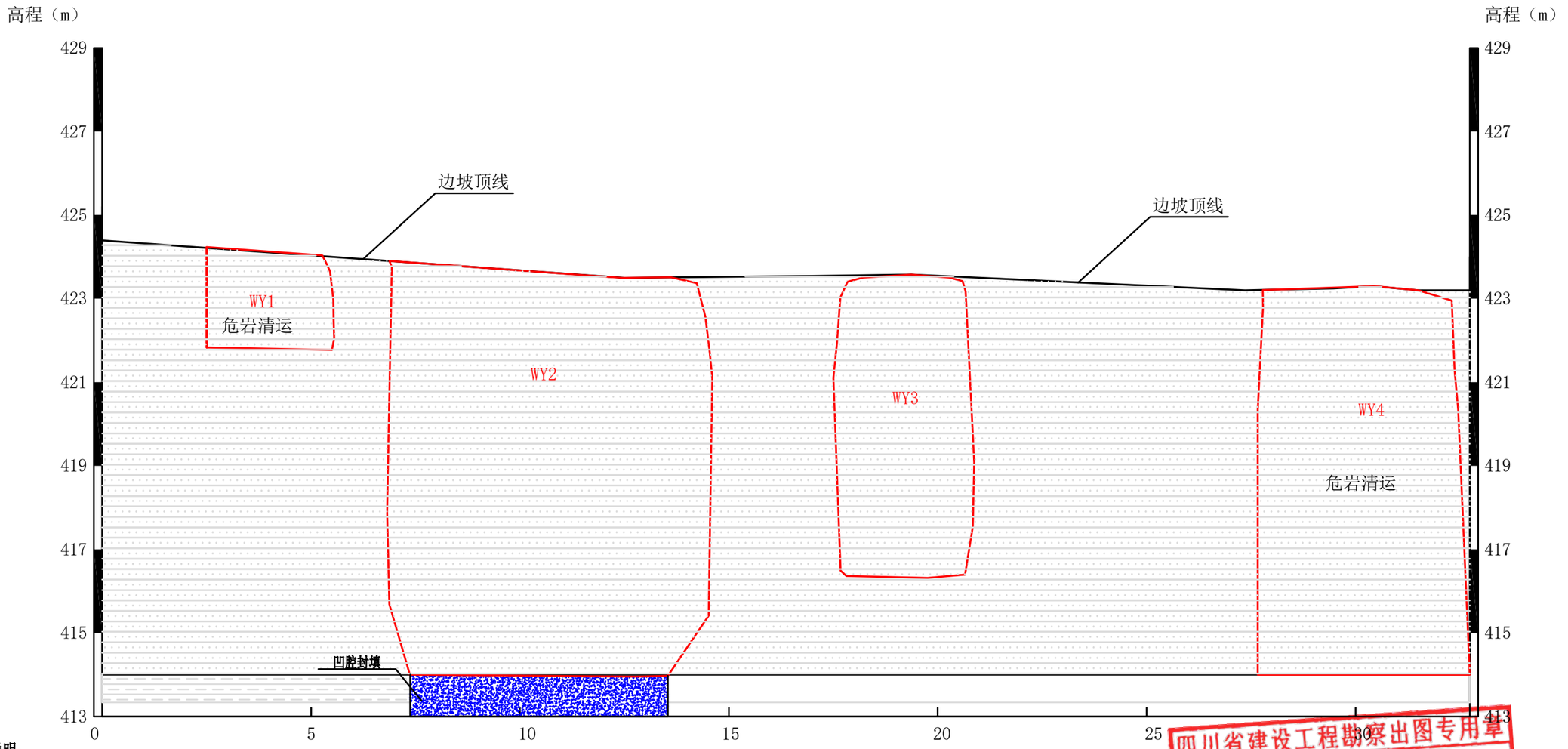
图例 Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层 J_2s 侏罗系中统沙溪庙组 Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层 [illegible] 合碎石粗土 [illegible] 岩层产状 泥岩 砂岩

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月27日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案6-6’剖面图	制图	[illegible]	校核	[illegible]	审核	[illegible]	图号	2-6

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案WYD锚固立面图

比例尺 1:100



说明：

1、对WY1采用清危的方案，WY1横宽约3.0m，厚1.2-1.8m，高2.4m，方量11m³。

2、WY4采用清危的方案，厚2.6m高10.0m，横向宽5.5m，方量约为143m³。。

3、 对WY2底部采用C20封填。

4、在施工过程中应严格依据相应规范要求作好锚杆和钢筋网的防腐、防锈、灌浆等工作；

5、施工中应做好安全防护措施，确保施工安全。

6、其他未尽事宜，请按国家现行规程规范执行。

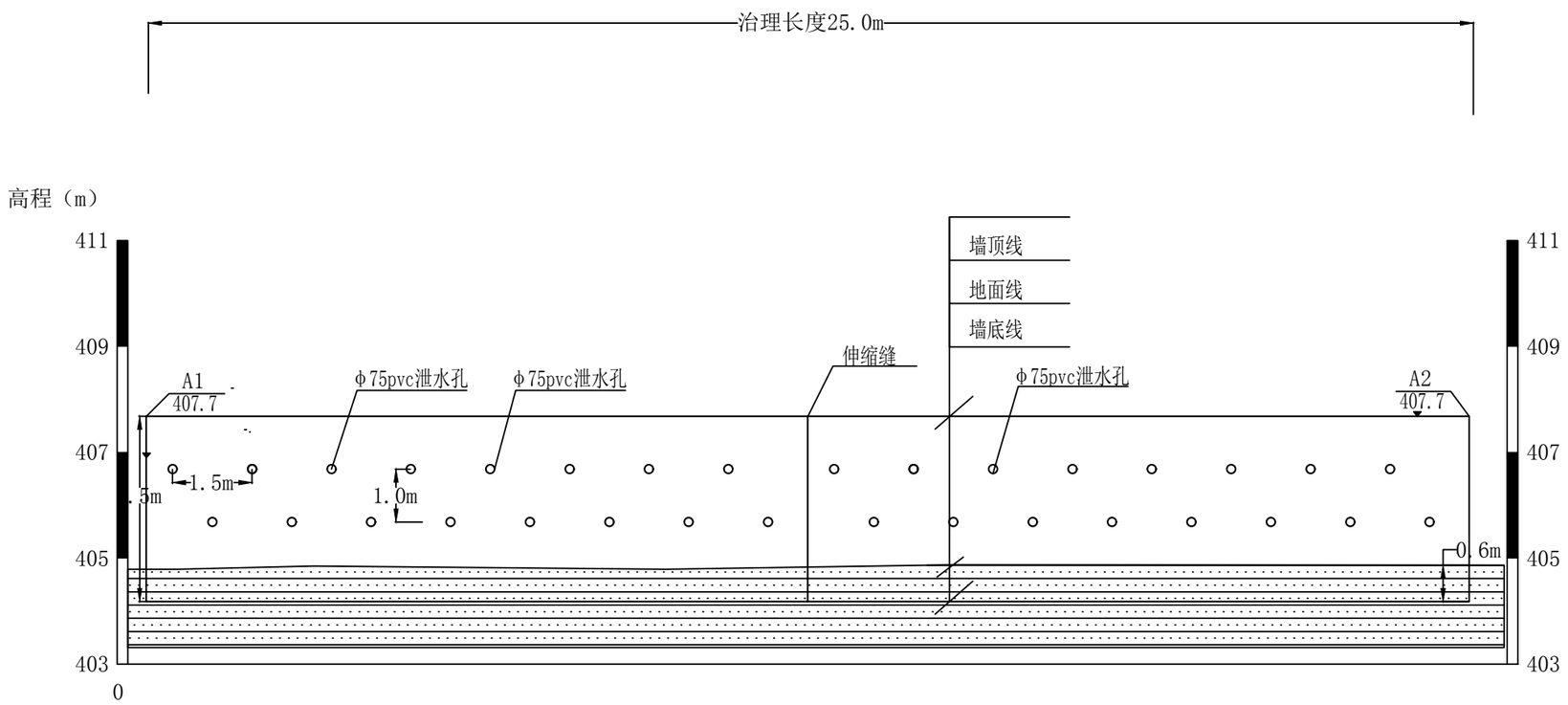
图例 Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层　J_2S 侏罗系中统沙溪庙组　Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层　含碎石粘土　330° ∠4° 岩层产状　泥岩　砂岩

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月29日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案WYD锚固立面图	制 图		校 核		审 核		图 号	3-1

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案A段挡土墙及被动网立面图

比例尺 1:100



图例 Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层　J_2s 侏罗系中统沙溪庙组　Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层　含碎石粘土　330° ∠4° 岩层产状　泥岩

设计说明：

1、拟设A段挡土墙，治理长度25m，墙高3.5m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.5m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35，挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

2、挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

3、挡墙基础施工时禁止全段面开挖，应采取分区、分段开挖，以确保安全。

4、基槽开挖达到设计要求后应及时浇筑，避免基槽泡水等。

5、当基础开挖实际地层与设计地层出入较大时，应及时通知设计单位、监理单位到现场提出相应解决方案。

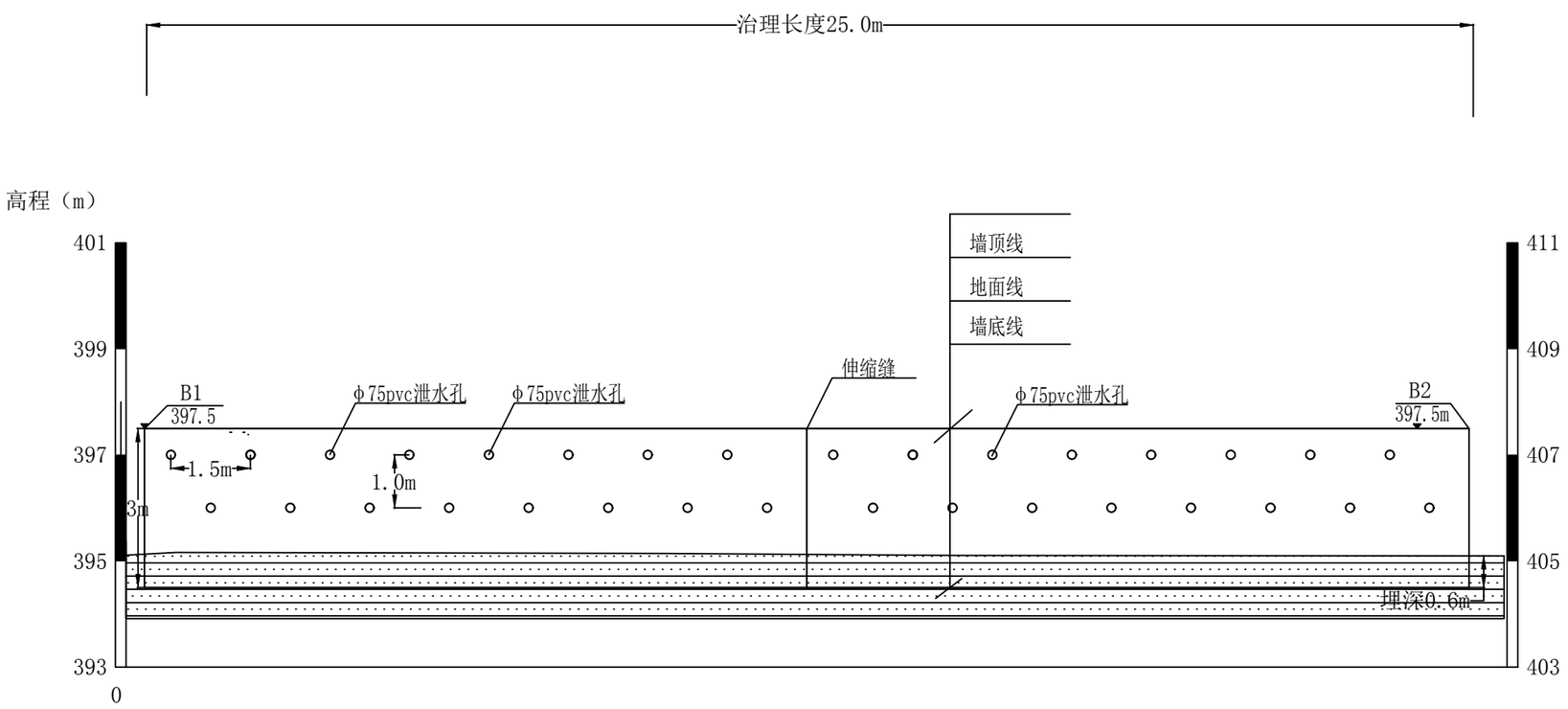
6、未尽事宜参照相关规程规范。

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案A段挡土墙及被动网立面图	制 图		校 核		审 核		图 号	3-2

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案B段挡土墙立面图

比例尺 1:100



图例 Q_4^{el+dl} 第四系全新统残坡积层　J_2S 侏罗系中统沙溪庙组　Q_4^{col} 第四系全新统残崩积层　含碎石粘土　330° ∠4° 岩层产状　泥岩

设计说明：

1、拟设B段挡土墙，治理长度25m，墙高3.0m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.4m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35，挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

2、挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

3、挡墙基础施工时禁止全段面开挖，应采取分区、分段开挖，以确保安全。

4、基槽开挖达到设计要求后应及时浇筑，避免基槽泡水等。

5、当基础开挖实际地层与设计地层出入较大时，应及时通知设计单位、监理单位到现场提出相应解决方案。

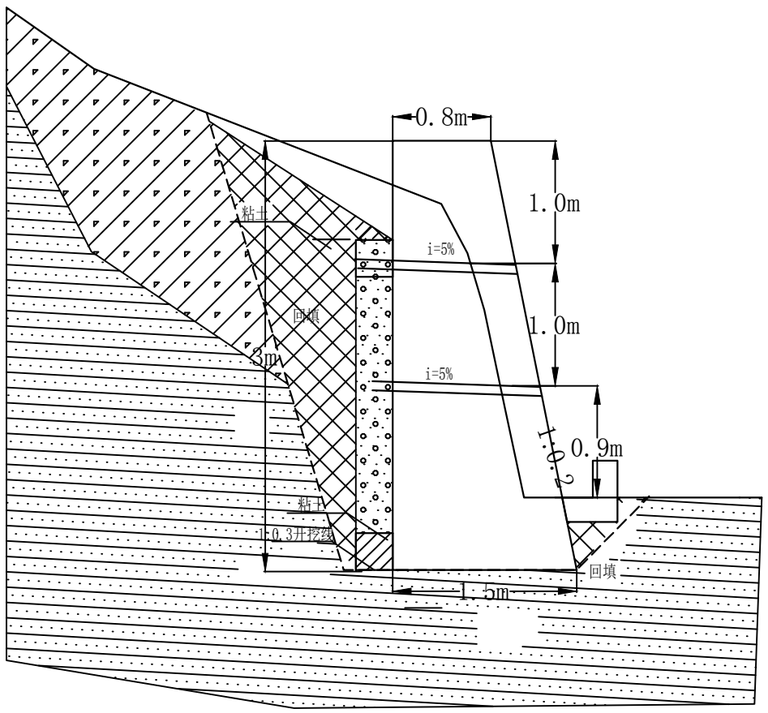
6、未尽事宜参照相关规程规范。

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
资质证书编号：B151024827 有效期至：2028年08月27日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案B段挡土墙立面图	制 图		校 核		审 核		图 号	3-3

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案A型挡土墙大样图

比例尺　1:500



1:50

说明：

1、本图尺寸除特别注明外，单位均为mm；

2、拟设挡土墙，治理长度25m，墙高3.5m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.5m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35。

3、挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

4、挡墙基础施工时禁止全段面开挖，应采取分区、分段开挖，以确保安全。

5、基槽开挖达到设计要求后应及时浇筑，避免基槽泡水等。

6、当基础开挖实际地层与设计地层出入较大时，应及时通知设计单位、监理单位到现场提出相应解决方案。

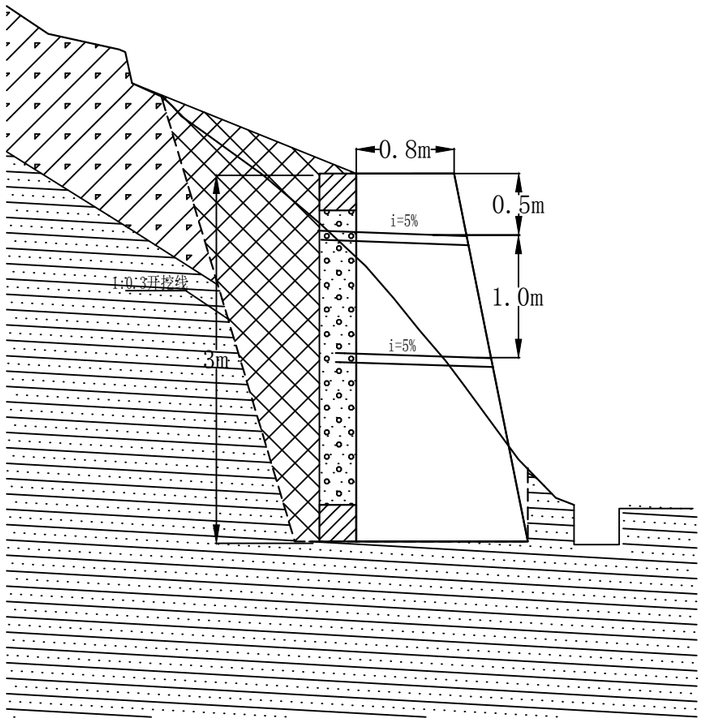
7、未尽事宜参照相关规程规范。

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
证书编号：B151024827 有效期至：2020年08月29日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县镇阳镇石牛坝村4组牛藤坡滑坡排危除险项目实施方案挡土墙大样图	制 图	蒙泽谦	校 核	艾其凯	审 核	张家胜	图 号	4-1

井研县东林镇东光村3组余家沟滑坡排危除险实施方案B型挡土墙大样图

比例尺　1:500



1:50

说明：

1、本图尺寸除特别注明外，单位均为mm；

2、拟设挡土墙，治理长度25m，墙高3.0m，背坡直立，面坡比1:0.2，顶宽0.8m，底宽1.4m，基础埋深0.6，墙底遇地形变化时，挡墙基础允许有一定变化；挡墙采用C20混凝土现浇;基础持力层为含碎石粉质黏土，地基承载力为120KPa，基底摩擦系数取0.35。

3、挡墙墙每隔10-15m设置伸缩缝，伸缩缝宽2cm，沥青木板填塞；填塞深度不得小于20cm，遇地形或基础变化时，在相应位置增设伸缩缝。

4、挡墙基础施工时禁止全段面开挖，应采取分区、分段开挖，以确保安全。

5、基槽开挖达到设计要求后应及时浇筑，避免基槽泡水等。

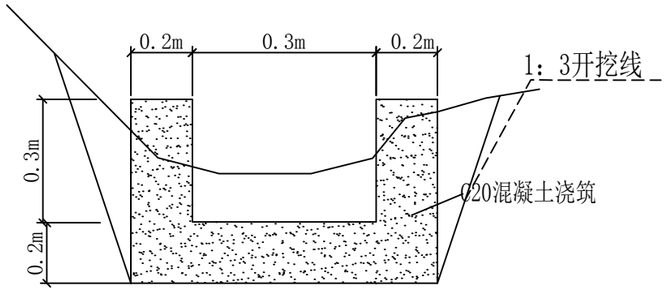
6、当基础开挖实际地层与设计地层出入较大时，应及时通知设计单位、监理单位到现场提出相应解决方案。

7、未尽事宜参照相关规程规范。

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
证书编号：B151024827　有效期至：2020年08月29日

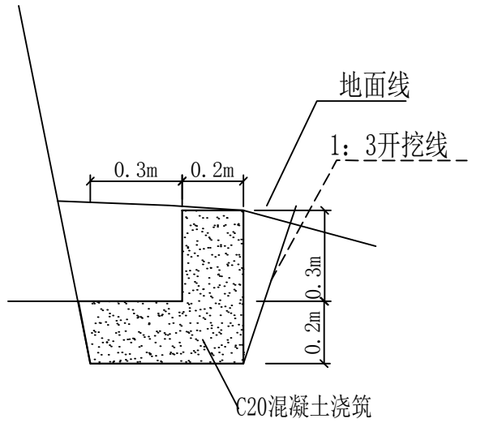
中建材西南勘测设计有限公司	井研县镇阳镇石牛坝村4组牛藤坡滑坡排危除险项目实施方案挡土墙大样图	制　图	蒙泽谦	校　核	艾其凯	审　核	张家胜	图　号	4-2

井研县镇阳镇石牛坝村4组牛藤坡滑坡排危除险项目实施方案截排水沟大样图



p1-p5段截排水沟大样图

1:20



排水沟连接p6-p7大样图

1:20

说　明

1、本图为排水结构详图，图中尺寸除特殊说明外均以mm计；

2、排水沟采用C20混凝土浇筑，壁厚0.2m，底厚0.2m；

3、排水沟可据实际坡型进行位置调整；

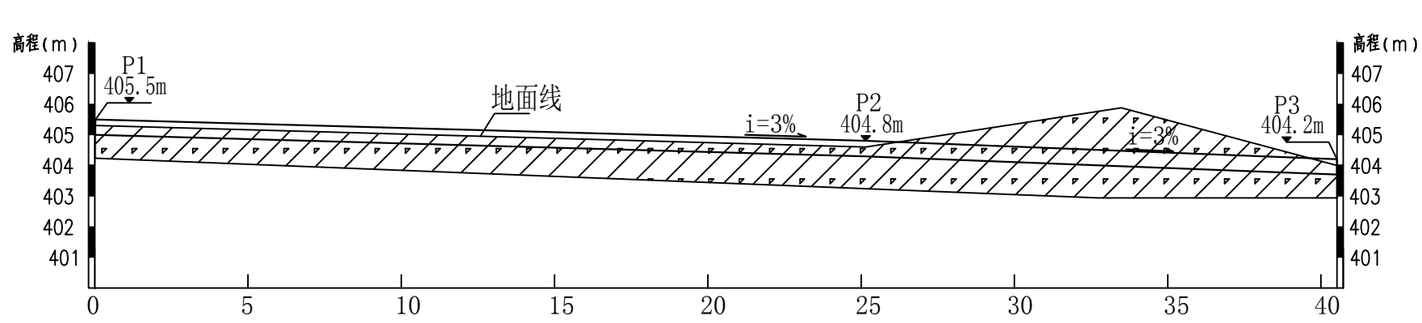
4、其它未尽事宜参照有关规范确定。

四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
证书编号：B151024827 有效期至：2020年08月29日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县镇阳镇石牛坝村4组牛藤坡滑坡排危除险项目实施方案截排水沟大样图	制 图	蒙泽谦	校 核	艾其凯	审 核	张家胜	图 号	4-3

井研县镇阳镇石牛坝村4组牛藤坡滑坡排危除险项目实施方案截排水沟纵断图

比例尺　1:200



四川省建设工程勘察出图专用章
中建材西南勘测设计有限公司
资质等级范围：工程勘察综合资质甲级
证书编号：B151024827 有效期至：2020年08月29日

中建材西南勘测设计有限公司	井研县镇阳镇石牛坝村4组牛藤坡滑坡排危除险项目实施方案截排水沟纵断图	制　图	蒙泽谦	校　核	艾其凯	审　核	张家胜	图　号	4-4