
凤庆县安石村火把树组斜坡稳定性 评估结果的公示

一、评估单位概况

中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司隶属于世界 500 强企业中国中铁旗下中铁二院工程集团有限责任公司。公司注册资本：1662.46 万元。

公司系综合勘察设计企业，设有测绘、地质、岩土测试、勘探、线路、站场、路基、桥涵、隧道、通信、信号、建筑、结构、电力、电气化、给排水、设备（含机务、车辆、暖通、空调）、工程造价（经济）等二十多个专业。公司现有职工 600 余人，省部级专家 5 人次，有正高级职称 34 人，高级职称 138 人，中级职称 130，特技技师 2 人，各类注册执业工程师 158 人次；博士 3 人，硕博学历 112 人，本科学历 235 人。现有云南工程设计大师 1 名，昆明市政府津贴 1 人，为国家高新技术企业。

公司持有 13 个甲级资质，8 个乙级资质，3 个丙级资质，7 个专业施工图审图资格，1 个不分级别资质。公司在山区铁路、公路、市政工程、地质灾害等勘察、设计、咨询方面技术实力雄厚，米轨铁路干线的勘察设计水平国内领先。

公司先后承担了成昆铁路、南昆铁路、玉蒙铁路、丽江至香格里拉铁路、中老铁路、大理至临沧铁路、渝昆高铁、昆明南连接线高速公路、东格高速公路、昆倘高速公路、昆明轨道交通 3 号线、4 号线、安宁至嵩明线、宁波地铁天童庄车辆段和石路头停车场（以及上盖物业）、深圳地铁 6 号线、11 号线、以礼河电厂苏家坪滑坡、楚大高速公路、昭麻公路和成昆铁路“8.30”震害整治工程等多个地质

灾害治理工程的勘查设计。承担了昆明南车城轨装备基地建设项目动调线工程、中缅油气管道工程（国内段）隧道工程等项目的工程总承包。

公司通过质量、环境、职业健康安全“三标一体”认证，荣获国家及省部级科技进步奖、优秀计算机软件、优秀工程勘察设计等奖项 104 项；市级、局级、区级科学技术奖、专利奖、优秀勘察设计、咨询成果奖 96 余项；国家、省部级优秀 QC 小组奖 31 项；公司拥有知识产权 118 项（其中国家发明专利 12 项、国家实用新型专利 103 项、国家软件著作权 3 项），省级工法 2 项。

二、评估任务由来

已建云凤高速公路（天猴高速公路云县至凤庆县段）经过凤庆县安石村火把树、大岔路、大平掌等村民小组区域地形为西高东低的自然斜坡，该段高速公路主要以挖方路堑形式通过斜坡中下部。该段高速公路自 2018 年 10 月开始施工，2020 年初少数房屋出现开裂情况，2020 年 6 月至 9 月云凤高速路 K36+340~K36+745 段路堑施工期间发生滑坡，滑坡影响范围内村民房屋出现大量开裂变形情况。

云南风云高速公路有限公司委托中交公路规划设计院有限公司对 K36+340~K36+745 段西侧滑坡进行工程地质勘察和滑坡治理方案设计。于 2020 年 9 月完成勘察工作，于 2020 年 11 月完成设计工作。

云凤高速一合同段总承包部于 2020 年 12 月底组织施工队伍进场进行 K36+340~K36+745 段西侧滑坡处治，于 2021 年 6 月底完成了该滑坡处治工作。

云南航天工程物探检测股份有限公司对该滑坡进行监测，监测日期为 2020 年 9 月 29 日~2021 年 12 月 31 日。凤庆县自然资源局也

2024年5月，评估单位技术人员与凤庆县自然资源局、安石村村委会相关人员进行现场踏勘，初步了解现场情况。于同年6月起收集相关资料，并进行详细工程地质调绘。于6月~7月进行地形测量、裂缝调查、钻探、挖探及物探等外业勘查工作。于8月~9月进行室内岩、土、水样测试，内业资料整理、报告编写、成果资料内审等工作。于10月~11月进行专家评审，根据专家及各相关单位意见修改完善成果资料，完成评估报告。

2、评估工作方法

本次评估工作主要方法有：搜集资料分析、工程测量、工程地质测绘，遥感及航片解译、钻探、探槽、物探、原位测试、岩土水试验及软件分析等。

(1) 收集资料分析

收集区域地质资料、地灾调查及评估资料，评估区内已经完成的相关勘察资料，以及评估区周边相关工程的评估资料等，对评估区的区域地质背景、地质条件、已发生的地质灾害有全面的了解。

(2) 工程测量

本次测量工作在地形图测量（1:500）的基础上，着重对评估区内的房屋建筑、排水设施、井泉点、古树、云凤高速路堑支挡措施、地面裂缝等进行测量，并根据要求进行断面实测，实测断面重点对地面裂缝进行精确表示。另外，对地质钻孔及探槽进行测放。地形图精度和工程测量成果满足《工程测量规范》（GB 50026-2020）及相关规范规程的要求。

(3) 工程地质测绘

采用1:500地形图作底图，从评估区的微地貌着手，详细调查评估区各部位的物质成分、变形特征，描述评估区裂缝发育频数、方位

和滑坡地灾相关要素，地面隆凹的形态、基岩出露点位置、冲沟分布、井泉点等情况，对确定评估区地灾类型，地灾发育程度，确定滑坡变形方向、圈定滑坡范围和定性评估滑坡或斜坡稳定性及发展趋势提供准确的原始素材。

(4) 遥感及航片解译

利用 InSAR 形变解译成果、利用云凤高速路修建前、修建中及修好后的高精度卫片对比解译分析，利用无人机航飞拍照摄影分析，对评估区的地貌特征、形变特征等进行综合分析。

(5) 钻探

钻探采用 XY-150 型地质钻机钻进，为了准确地判断滑坡滑面(带)的分布位置、基岩面的埋藏深度和全风化带厚度，对滑坡层、土层及全风化层采用干钻，并严格控制回次进尺，在预计进入滑动面时回次进尺控制在 0.3~0.50m 以内，对滑动面下基岩采用单动双层岩芯管或控制循环用水钻探。岩心采取率：滑体土 75%~95%，滑带土 90%~100%，基岩 75%~99%。



图 3-1 现场地质钻探

(6) 探槽

探槽为本次勘察的重要辅助手段之一，主要布置于典型裂缝发育位置，以揭示裂缝发育及延伸形态。探槽挖好后，及时进行了验收编录及取样，绘制探槽展示图。

(7) 物探

本次评估根据现场情况，采用地微动物探技术，微动探测是利用高精度地震仪台阵来接收环境背景噪声信号，通过多种被动源地震波分析方法提取面波特征曲线，并反演横波速度结构，进而获取近地表地层结构及地质异常体信息。

物探工作的主要目的为基本查明滑坡区域的地层分布及覆盖层厚度，查清场地岩层的风化情况及分化界线的分布、查清场地是否存在规模较大的软弱结构带。

(8) 标准贯入试验

标准贯入试验是用质量为 63.5kg 的重锤按照规定的落距 (76cm) 自由下落，将标准规格的贯入器打入地层，根据贯入器贯入一定深度得到的锤击数来判定土层的性质和物理力学状态。该测试方法一般适用于砂土、粉土和黏性土。本次采用标准贯入试验来辅助判断风化层厚度，评估区基岩为花岗岩，按照标准贯入试验击数 $N < 30$ 为残积土， $30 \leq N < 50$ 为全风化层， $N \geq 50$ 时为强风化层来辅助进行判断。

(9) 孔内电视

孔内电视是指钻孔摄像仪器利用平面反光方式观测钻孔井壁图像，反应钻孔井壁结构、裂隙发育程度等情况。钻孔电视应在无套管的清水孔或干孔中进行观测。

(10) 岩土水室内试验

本次评估利用钻探、探槽采取岩土水试验进行室内测试。

岩石试验完成比重、密度（天然、烘干、饱和）、吸水率、饱和吸水率、饱水系数、孔隙率、单轴极限抗压强度（天然、饱和、烘干）、点荷载试验等。

水土腐蚀性试验项目包括 pH 值、酸度、碱度、游离 CO₂、侵蚀性 CO₂、矿化度、硬度、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Fe²⁺、Fe³⁺、NH⁴⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、NO₃⁻、CO₃²⁻、OH⁻等。

土体试验项目除了常规的比重、天然含水量、天然密度、天然孔隙比、饱和度，液限、塑限、液性指数、塑性指数、侧限压缩试验、颗粒分析、直剪天然快剪外，还针对可能的滑带土进行了饱和直剪及残余抗剪强度试验。

3、完成工作量

本次评估完成地质钻孔 373.6m/11 孔，探槽 2 个，物探 1.311km/1 条，InSAR 解译 3km²。完成的实物工作量见表 3.3-1。

完成实物工作量一览表 表 3.3-1

工作项目	工作内容	单位	工作量
工程地质测绘	工程地质测绘（1：500）	Km ²	2
遥感卫星影响解译	评估区及周边 2019-2021 年遥感影像图片分析	张	3
InSAR 解译	评估区及周边 2019 年 6 月-2024 年 5 月变形解译	Km ²	3
无人机航飞	照片及视频拍摄	Km ²	3
	三维倾斜摄影（采集）	Km ²	2
	数字正射影像图 DOM（1:500）	幅	18
钻探	本次钻探	m/孔	373.6/11
	参考利用钻孔	m/孔	809.4/29
探槽	探槽	m ³ /个	15.375/2
工程测量	1：500 地形图	Km ²	1.5
	测放钻孔及探槽	个	13
	实测剖面	km/条	7/16

	地表裂缝及排水沟调查	Km	4
	地物、井泉点等调查	Km ²	1.1
原位测试	标准贯入试验	次	8
	孔内电视	m/孔	30/2
物探	地微动测试	Km	1.311
室内岩土测试	岩石	组	5
	原状土样		19
	扰动土样		6
水文工作	钻孔及探槽简易水文观测	孔	13
	水质简分析	组	2

四、地质环境条件

1、地形地貌和地质环境条件

评估区位于云南省凤庆县凤山镇安石村，交通便利；属干湿季分明的亚热带季风气候，降雨集中且多暴雨；区域水系属澜沧江水系二级支流迎春河流域。评估区属构造剥蚀中山地貌，地处斜坡地形，地形总体呈南西高，北东低，坡向北东，自然坡度 $13^{\circ} \sim 32^{\circ}$ 左右，局部较陡，平均坡度 22° ，地面高程为 1730~2100m，最大相对高差为 370m，其地形地貌条件属复杂。评估区上覆第四系全新统人工填土 (Q_4^{ml})，滑坡堆积层 (Q_4^{del}) 及坡残积 (Q_4^{dl+el}) 层黏性土、砾砂及块石土，下伏基岩为燕山期花岗岩 (γ_5^2)，风化层较厚，发育多其次的滑坡或崩塌，岩土体结构较复杂，不均匀性突出，工程性质较差。评估区区域地质构造较复杂，场地 10km 范围内无全新世活动断裂，地震动峰值加速度为 0.15g，地震基本烈度为 VII 度，区域地壳稳定性属次不稳定区，区域地质背景复杂程度为中等。评估区为一自然斜坡，地表发育季节性冲沟，地下水为第四系松散岩类孔隙水及基岩裂隙水，富水性中等，地下水位较浅，坡底的迎春河为评估区的排泄基准面，水文地质条件中等复杂。评估区建筑物密集，主要人类工

程活动为道路的建设、浅表耕作及村民修建建筑物等，调查区周边无较大的工矿企业，评估区破坏地质环境的人类工程活动强烈。

综上所述，评估区地形地貌和地质环境条件总体为复杂。



图 4.1-1 评估区地貌照片

2、评估区古滑坡发育情况

经各种勘察手段综合揭示，评估区发育三个古滑坡，分别为 GH1、GH2 及 GH3，三个古滑坡经综合分析判断，目前总体均处于稳定状态，局部地区稳定性稍差。

云县至凤庆高速公路从古滑坡 GH1 中下部穿过，工程形式为路堑。2020 年 6 月~9 月，K36+340~K36+745 路堑段开挖在前缘出现临空面后，前缘坡体沿着潜在滑动面发生滑移，中后部岩土体失去了前缘的支撑发生了松脱式滑移，形成了牵引式滑坡，出现向下蠕动等现象。

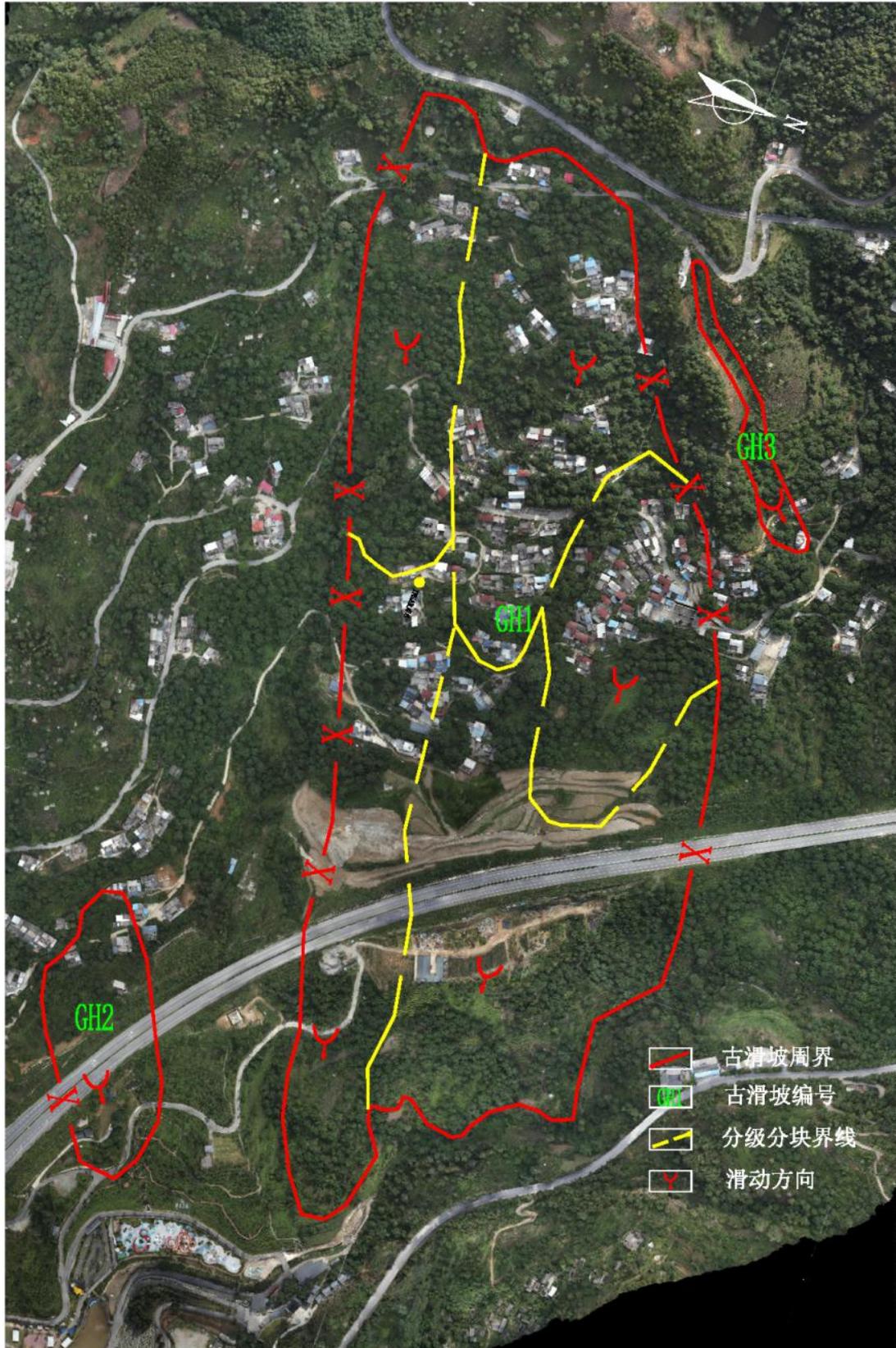


图 4.2-1 评估区古滑坡分区分级图

3、评估区内裂缝及变形形成原因

(1) InSAR 变形分析

经 InSAR 解译资料分析，2019 年开始评估区内地表变形大的区域最先出现在临近云凤高速路堑开挖区域，变形区域较小。2020 年 6 月后，由于受发生滑坡影响，变形区域逐渐扩大，变形最大区域为滑坡的强变形区和牵引变形区域，2020 年 6 月~2021 年 6 月是近年变形速率最大的时期。2021 年 6 月~2022 年 5 月，变形区域逐渐后移，扩散至原先未受滑坡牵引变形影响的区域，但除少数区域外大部分区域的变形速率较小。2023 年 6 月~2024 年 5 月，大部分区域的变形均较小，基本处于稳定状态。

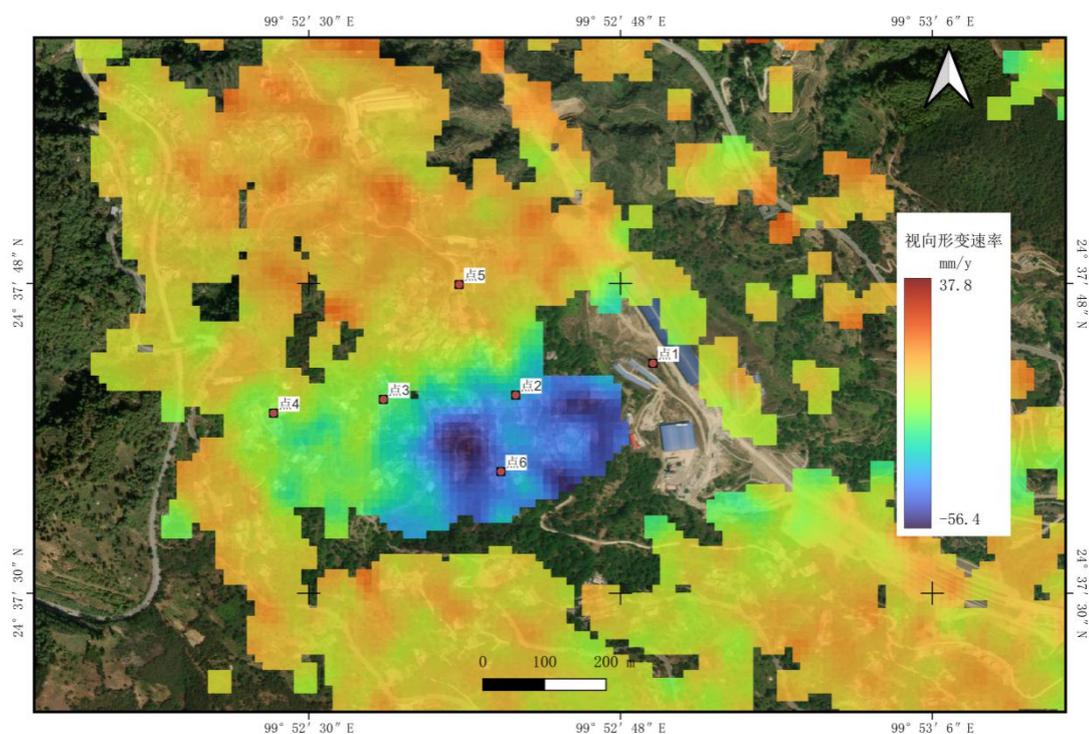


图 4.3-1 2020 年 6 月~2021 年 6 月视向形变速率分布图

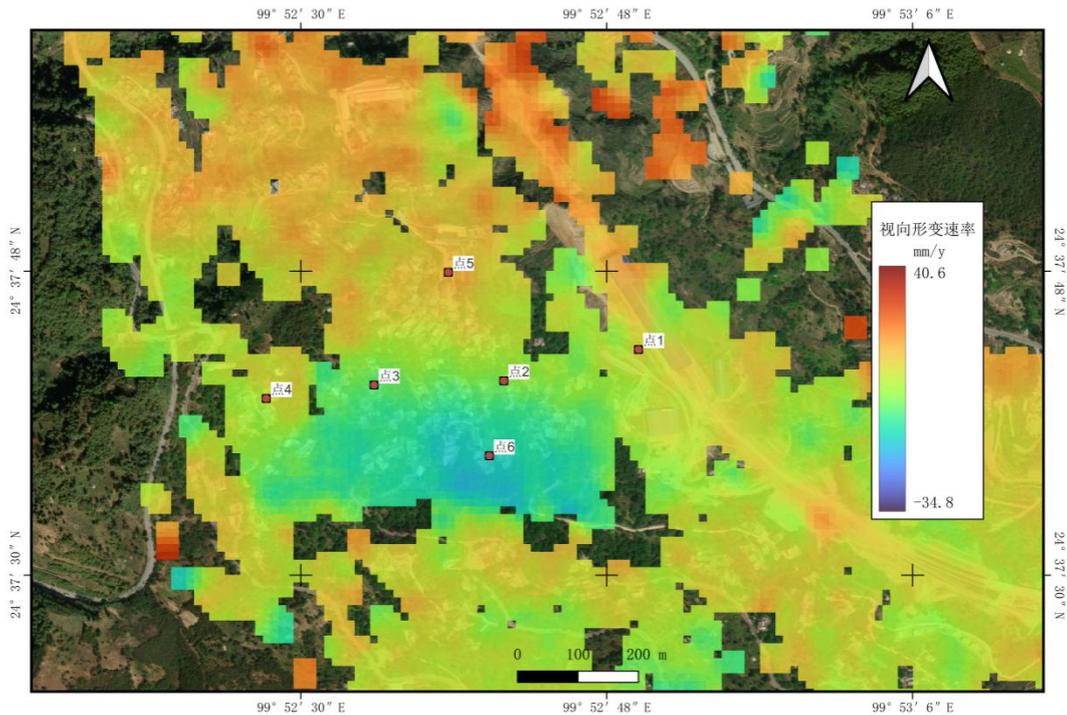


图 4.3-2 2023 年 6 月~2024 年 5 月视向形变速率分布图

(2) 既有监测结果

评估区场地内设置的变形监测点包括云凤高速公路 K36+400 段左侧滑坡治理期间于 2020 年 9 月 29 日完成安装的变形监测装置以及凤庆县自然资源局设置的 GNSS 测站。滑坡治理期间设置的监测点监测周期为 2020 年 9 月 29 日~2021 年 12 月 31 日，自然资源局设置的监测点从安装至现在一直都在监测。场地内既有监测点的监测范围在一定程度上能反映该区域的形变情况。

综合以上两方面的监测结果数据，以及现场调查高速公路路面无开裂变形迹象，公路运营正常，综合分析可得出结论：云凤高速公路 K36+400 段左侧发生滑坡时的变形区在完成滑坡治理后，变形趋于稳定，目前整体处于稳定状态。

(3) 裂缝形成原因分析

根据现场地质调绘、工程测量、遥感解译、监测资料分析、勘探、槽探等方法进行研判，评估区裂缝及变形原因形成如下：

(1) 评估区内大部分区域属于古滑坡发育区域，浅部地层自稳性较差，属滑坡易发区域，自身脆弱的地质条件易被扰动，是近年房屋和地表出现裂缝及变形的主要内因。

(2) 2020年1月~9月云凤高速公路路堑开挖及集中降雨诱发路堑上方部分地段形成滑坡，发生整体变形，导致强变形区、弱变形区、变形影响区范围内斜坡体被牵引蠕动，是这段时期房屋和地表出现裂缝及变形的最主要外因。2021年1月至7月滑坡处置工程施工期间，因滑坡的牵引变形仍向外缓慢发展，且桩孔开挖施工对自然斜坡体有一定的扰动，是这段时期新增裂缝及变形或原有裂缝及变形继续发展的最主要外因。

(3) 滑坡处置工程结束后场地内新增裂缝及变形的成因有以下几种类型：

①老滑坡部分覆盖层厚度较大区域受滑坡牵引及施工扰动影响后浅部土体结构变松散，在地表水排水不畅、地下水位升降变化影响下发生小范围蠕动变形。

②部分人工填土层厚度大的区域，老土与填土之间、新老填土之间存在差异沉降。

③部分居民户为修补裂缝重新填筑场坪，新老场坪之间或新建场坪与房屋基础之间填筑成分及填筑结构有较大差异，存在不均匀沉降。

④部分斜坡体缺乏防护，在集中降雨、地表水排泄不畅、车辆荷载及人为活动等条件下有发生浅层剥落、坍塌等趋势。

4、评估分区

经各种勘查手段揭示结果综合分析，评估区属古滑坡发育区域，历史上发生过多期次规模大小不一的崩塌或滑坡，为稳定性脆弱、地质灾害易发区域。受云凤高速公路施工影响，古滑坡 GH1 中部再次

发生滑坡，形成明显变形及存在牵引变形的区域，该区域已通过设置抗滑桩及排水构筑物进行治疗，该区域为已治理滑坡区域，该滑坡主要依据地表变形开裂情况划分。其余区域根据地表、房屋变形特征，地形地质条件，以及参考卫星影像图和 InSAR 解译资料等综合分析，初步判断存在 9 个需评估稳定性的区域（评估分区 1~9），为本次评估工作的重点区域，其余区域现状无变形迹象或变形迹象微弱，且从自身地质条件分析发生滑坡的可能性小，属相对稳定区域。

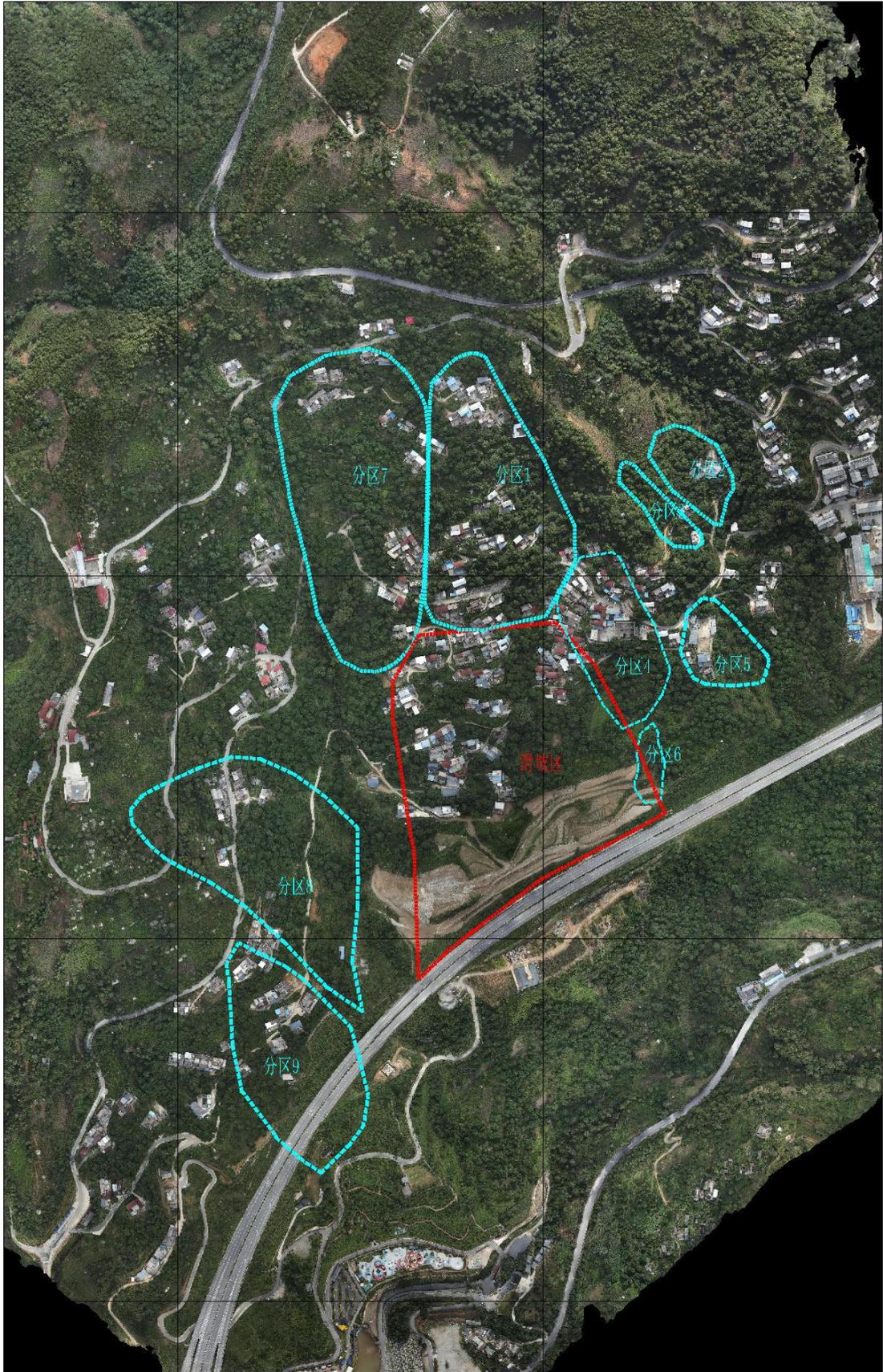


图 4.4-1 评估分区图

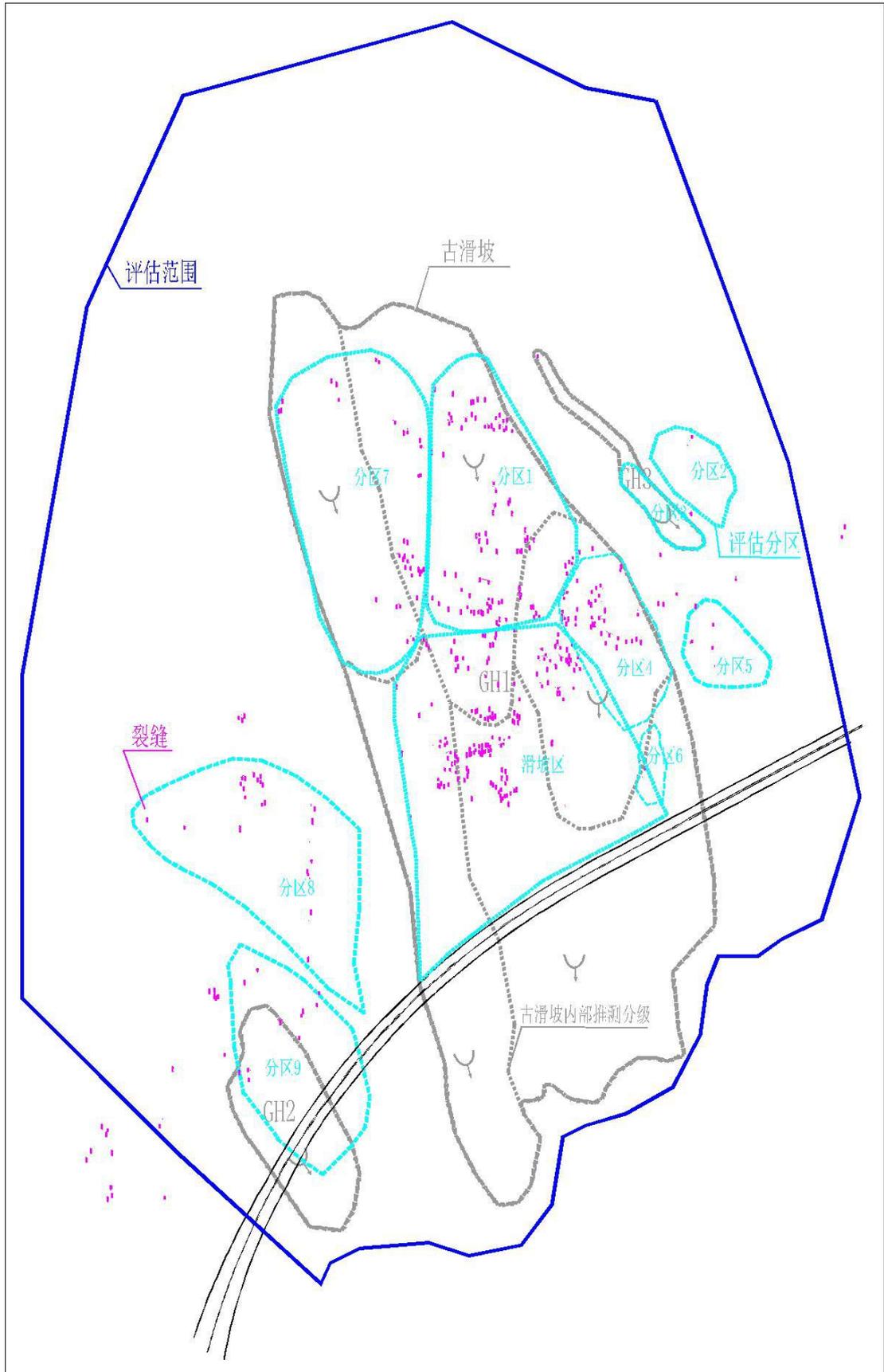


图 4.4-2 评估分区与古滑坡、裂缝的平面分布关系图

五、结论与建议

1、结论

经各种勘查手段揭示结果综合分析，评估区发育已治理滑坡区域及 9 个需评估稳定性的分区，该 10 个区域为本次评估工作的重点区域，其余区域现状无变形迹象或变形微弱，且从自身地质条件分析发生滑坡的可能性小，视为相对稳定区域。

已治理滑坡区经以抗滑桩为主要手段的治理后，天然工况下为稳定状态。

评估分区 1 天然工况下为稳定状态。

评估分区 2 天然工况下为基本稳定~稳定状态，该斜坡中上部由于坡度较陡，加上人工开挖裸露等，在暴雨或地震的影响下易发生溜坍。

评估分区 3 天然工况下为稳定状态。

评估分区 4 天然工况下为稳定状态。

评估分区 5 天然工况下为基本稳定~稳定状态，养老活动中心前缘斜坡边缘浆砌片石挡墙区域稳定性差，在地震或极端暴雨情况下发生坍滑的可能性大。

评估分区 6 天然工况天然工况下为基本稳定~稳定状态，坡面下部因高速路施工坡脚开挖，坡面临空，临空区域在极端暴雨或地震情况下发生坍滑的可能性大。

评估分区 7 天然工况下为稳定状态。

评估分区 8 天然工况下为稳定状态。

评估分区 9 天然工况下为稳定状态。

评估区目前天然工况下总体处于基本稳定~稳定状态。

2、建议

(1) 建议应首先对整个评估区，尤其是已治理滑坡区及 9 个评估分区应建立系统的、完整的监测预警系统，长期跟踪、分析评估区斜坡稳定性变化情况。

(2) 建议充分发挥驻县联乡专业队伍的技术力量，利用网络、会议等多种形式，广泛宣传地质灾害的危害、地质灾害监测、地质灾害防范措施，使广大干部群众树立地质灾害防治意识，提高防灾抗灾能力。

(3) 评估区天然工况下处于基本稳定~稳定状态，但是在极端暴雨或地震等天灾情况下，局部区域存在安全系数储备不足或失稳的风险，可根据情况分批分期进行治理。

(4) 本次评估治理措施只是初步的方案措施建议，若对评估区进行治理，应先进行严格的勘查设计工作，并满足相关规范要求。

六、专家评审情况

2024 年 10 月 21 日，凤庆县自然资源局、凤山镇人民政府、凤庆县交通运输局及评审专家于评估单位中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司进行了本项目的评审工作，专家评审意见如下：

1、凤庆县安石村火把树组斜坡于 2020 年在云凤高速公路（天猴高速公路云县至凤庆县段）K36+340~K36+745 段施工期间发生滑坡，后采用了以抗滑桩为主的方式进行治理。在滑坡发生期间及处治过程期间，云凤高速公路 K35+940~K37+020 段西侧房屋大都出现了不同程度的开裂变形情况，在滑坡处治工程完成后至今仍有部分房屋及场坪出现开裂变形现象，因此开展安石村火把树组斜坡稳定性评估显得十分必要和紧迫。

2、报告编制单位采用收集资料、工程测量、工程地质测绘，遥感及航片解译、钻探、探槽、物探、原位测试、岩土水试验及软件分

析等多种工作手段对凤庆县安石村火把树组斜坡进行了稳定性评估，评估范围及方法符合相关规范要求。

3、通过遥感解译分析、斜坡稳定性分析计算，安石村火把树组斜坡评估分区 2、分区 5 及分区 6 目前总体处于基本稳定~稳定状态，其余区域总体处于稳定状态，评估结论可信。

凤庆县安石村火把树组斜坡稳定性评估及初步整治方案研究 专家组咨询意见

2024年10月21日，凤庆县自然资源局邀请省内有关专家在昆明对中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司提交的《凤庆县安石村火把树组斜坡稳定性评估及初步整治方案研究》（以下简称“稳定性评估及初步整治方案”）进行技术评审，参加单位有凤庆县自然资源局、凤山镇人民政府、凤庆县交通运输局、中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司，与会专家会前审阅了报告，会上听取了编制单位人员的详细介绍并进行了答疑，经过专家组讨论，形成技术咨询意见如下：

一、斜坡稳定性评估部分

1、凤庆县安石村火把树组斜坡于2020年在云凤高速公路（天猴高速公路云县至凤庆县段）K36+340~K36+745段施工期间发生滑坡（H₁），后采用了以抗滑桩为主的方式进行治理。在滑坡发生期间及处治过程期间，云凤高速公路K35+940~K37+020段西侧房屋大都出现了不同程度的开裂变形情况，在滑坡处治工程完成后至今仍有部分房屋及场坪出现开裂变形现象，因此开展安石村火把树组斜坡稳定性评估显得十分必要和紧迫。

2、报告编制单位采用收集资料、工程测量、工程地质测绘，遥感及航片解译、钻探、探槽、物探、原位测试、岩土水试验及软件分析等多种工作手段对凤庆县安石村火把树组斜坡进行了稳定性评估，评估范围及方法符合相关规范要求。

3、通过遥感解译分析、斜坡稳定性分析计算，安石村火把树组斜坡评估分区2（PQ₂）、分区5（PQ₅）及分区6（PQ₆）目前总体处于基本稳定~稳定状态，其余区域总体处于稳定状态，评估结论可信。

二、初步整治方案研究部分

1、应根据宜治则治、因地制宜、轻重缓急原则并结合承灾对象、房屋变形开裂情况提出初步整治方案，按照谁引发谁治理的原则，采取投入少、工期短、见效快的工程治理措施。

三、专家组强调

1、应进一步细化三处古滑坡（GH₁、GH₂、GH₃）、H₁滑坡及PQ₁-PQ₃平面范围的确定依据。

2、应进一步述清不同成因裂缝在三处古滑坡（GH₁、GH₂、GH₃）、H₁滑坡及PQ₁-PQ₃平面范围内的分布情况及与高速公路施工的时序关系、影响关系。

四、专家组建议

1、建议充分发挥驻县联乡专业队伍的技术力量，利用网络、会议等多种形式，广泛宣传地质灾害的危害、地质灾害监测、地质灾害防范措施，使广大干部群众树立地质灾害防治意识，提高防灾抗灾能力。

2、建议公路部门加强对H₁滑坡的变形监测，发现隐患及时处置。

3、初步整治方案应进一步细化，建议凤庆县自然资源局将“凤庆县安石村火把树组斜坡”列入风险双控斜坡，加强巡查、监测，发现地质灾害隐患及时报送与响应，必要时采取相应的应急处置措施（临时截排水、裂缝回填等）。

专家组长：

专家组成员：

二〇二四年十月二十一日

评审专家组名单及简介 表 6-1

成员	工作单位	职称/职务	行业地位
周才辉 (组长)	云南省地矿局 第一水文地质工程地质大队	正高级工程师	云南省地质灾害防治专家库专家、2020年起任云南省自然资源厅驻临沧市地质灾害防治技术指导中心专家组组长
刘克文	云南建投第一勘察设计有限公司	正高级工程师 顾问总工	云南省地质灾害防治专家库专家、有色金属行业勘察大师、享受云南省政府特殊津贴
闫鼎熠	中国有色金属工业 昆明勘察设计研究院有限公司	正高级工程师 副总工	云南省地质灾害防治专家库专家、享受云南省政府特殊津贴
康承磊	中铁四院集团 西南勘察设计有限公司	正高级工程师 副总工	云南省危大工程专家，云南省市政公用工程专家，云南省综合专家库专家
聂建微	中国电建 昆明勘测设计研究院有限公司	正高级工程师	云南省市政公用工程专家，云南省综合专家库专家

详细评估结果报告及数据可到凤庆县自然资源局查询