

# 贵州省交通运输厅技术指南

JTZN52/T 15-2025

## 贵州省公路沿线地质水文环境风险调查评价 技术指南（试行）

2025-12-31 发布

2026-01-20 实施

贵州省交通运输厅 发布



# 前 言

为指导贵州公路沿线地质水文环境风险调查评价工作，规范公路地质水文环境风险调查评价技术标准，提升公路安全风险预防水平，贵州省交通运输厅组织编制了《贵州省公路沿线地质水文环境风险调查评价技术指南（试行）》（简称“本指南”）。

编写组按照“全面、实用”的指导原则，进行了广泛的调查研究，查阅了大量有关公路地质水文环境调查评价的相关文献资料，吸纳近年来国内地质水文环境调查评价相关的研究成果；借鉴近年来经工程验证的成熟技术和好经验、好做法；制订的技术内容充分考虑实施的可行性和可操作性，经反复讨论、修改，完成本指南编制。

本指南共 9 章，主要内容包括：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 总则；5 调查方法；6 调查内容；7 风险评价；8 成果编制与数据管理；9 成果验收与资料归档。

请各单位在应用本指南过程中，注意总结经验，将发现的问题和意见函告贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司（地址：贵州省贵阳市高新技术产业开发区阳关大道附 100 号，邮编：550081），以供今后修订时参考。

**批 准 单 位：**贵州省交通运输厅

**编 制 单 位：**中国铁建昆仑投资集团有限公司

贵州黔中高速公路开发有限公司

上海元方科技股份有限公司

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

**主要审查人员：**蒋永生 李阳春 刘卫民 夏旺民 秦桂芳 曾志敏 张昌曜  
杨会桥 王 晓 陈 翔

**主要编写人员：**刘金山 张学坡 孙泽顺 张宝安 滕红俊 姚曙光 宋昕禹  
范福强 颜庆宇 候源涛 杨友超 邱童春 苏晓亮 岳克勤  
陶 亮 伍 鑫 陈己力 安邦超 刘朝跃 李春峰 曾 耀  
潘 元 姜 波 方正峰 黄 谦 朱启荣 袁浩森 王 静  
高 杨 曹 俊 王 琦 彭宇肸 周 娟

# 目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	2
3 术语与定义.....	3
4 总则.....	4
4.1 目的任务 .....	4
4.2 工作流程及技术路线.....	5
4.3 工作要求 .....	6
5 调查方法.....	9
5.1 一般规定 .....	9
5.2 资料收集 .....	9
5.3 遥感调查 .....	9
5.4 地面调查 .....	11
5.5 物探 .....	11
5.6 钻探 .....	12
5.7 挖探 .....	12
5.8 测试与试验 .....	12
6 调查内容.....	13
6.1 一般规定 .....	13
6.2 斜坡单元调查 .....	13
6.3 沟谷流域单元调查.....	17
6.4 地质灾害调查 .....	18
6.5 公路承灾体调查.....	22
7 风险评价.....	23
7.1 一般规定 .....	23
7.2 易发性评价 .....	23
7.3 危险性评价 .....	23
7.4 公路承灾体易损性评价.....	24
7.5 风险评价 .....	25
7.6 风险管控 .....	26
8 成果编制与数据管理.....	27

8.1 成果报告 .....	27
8.2 图件及附件 .....	27
8.3 数据管理 .....	28
9 成果验收与资料归档.....	29
9.1 成果验收 .....	29
9.2 资料归档 .....	29
附录 A 工作方案编写提纲.....	30
附录 B 斜坡单元调查表 .....	32
附录 C 沟谷流域单元调查表 .....	34
附录 D 地质灾害易发性打分表.....	35
附录 E 地质灾害调查表 .....	46
附录 F 地质灾害稳定性判别.....	54
附录 G 聚类分析法.....	57
附录 H 成果报告提纲.....	59



## 1 范围

本指南规定了贵州省公路沿线地质水文环境风险调查评价的目的任务、工作方案编写、调查方法、调查内容、风险评价、成果编制与数据管理、成果验收与资料归档等要求。

本指南适用于在建高速公路施工图设计阶段、在建公路工程项目“两区三厂”选址阶段以及运营高速公路的地质水文环境风险调查评价，普通国省道参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本指南必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期的版本适用于本指南；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

- (1) DZ/T 0261 滑坡崩塌泥石流灾害调查规范（1：50000）
- (2) DZ/T 0438 地质灾害风险调查评价规范（1：50000）
- (3) JTG C20 公路工程地质勘察规范
- (4) 自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南（第一册 数据采集）
- (5) 自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南（第二册 数据成果质检）
- (6) JTT52/06-2023 贵州省干线公路边坡养护技术指南（试行）
- (7) T / CAGHP 013 地质灾害 InSAR 监测技术指南（试行）
- (8) CH/T 1050 倾斜数字航空摄影成果质量检验技术规程
- (9) CH/T 3003 低空数字航空摄影测量内业规范
- (10) CH/T 3004 低空数字航空摄影测量外业规范
- (11) CH/T 3005 低空数字航空摄影规范

### 3 术语与定义

#### 3.0.1 地质单元

为了保障公路安全，考虑公路周边影响范围内孕灾地质水文环境条件因子组合而划定的斜坡单元和沟谷流域单元。地质单元范围应包括公路承灾体范围。

#### 3.0.2 沟谷流域单元

以分水岭为边界，以沟谷为核心汇流通道，具备孕灾地质水文环境条件，在自然因素或人类工程活动下可能演变成泥石流灾害的沟谷。

#### 3.0.3 地质灾害易发性

地质单元内孕灾地质水文环境条件所控制的地质灾害发生的可能性。

#### 3.0.4 地质灾害危险性

在暴雨工况作用下，在地质单元内某一时间段发生地质灾害的可能性。

#### 3.0.5 公路易损性

地质灾害以一定的强度发生而对公路设施可能造成破坏的严重程度。

#### 3.0.6 高风险地质灾害风险点

按照《自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南》（第二册 数据成果质检）评价的风险等级为一、二级的地质灾害风险点。

#### 3.0.7 公路地质灾害综合风险

斜坡单元风险、沟谷流域单元风险、地质灾害风险和公路边坡风险等多种风险造成的地质灾害风险总和。

## 4 总则

### 4.1 目的任务

#### 4.1.1 目的

在收集公路沿线地形图、区域地质图、水文地质图及相关行业自然灾害风险数据的基础上，综合利用遥感、地质调查测绘、勘查等手段，调查识别地质单元内斜坡与沟谷流域、地质灾害及边坡的风险，总结孕灾环境特点，开展公路沿线地质水文环境风险评价及路段风险区划，提出风险分级管控对策建议。

#### 4.1.2 任务

##### 1 室内初筛

通过收集公路沿线 1: 10000~1: 2000 的地形图、1: 200000~1: 50000 区域地质图、1: 200000~1: 50000 水文地质图及自然资源、水利等部门自然灾害风险数据，划分地质单元，勾绘沟谷流域单元的汇水面积，初步筛选威胁公路安全的地质灾害及沟谷流域单元，圈定野外调查范围。

##### 2 野外调查

1) 斜坡单元调查。通过调查分析斜坡单元内的孕灾地质水文环境条件，对斜坡单元进行易发性评价，评定斜坡单元风险。

2) 沟谷流域单元调查。调查分析公路上游对公路基础设施安全可能造成威胁的汇水区域及冲沟内存在崩塌、滑坡、弃土堆积物、崩滑堆积风险的沟谷，对沟谷流域单元进行易发性评价，评定沟谷流域单元风险。

3) 地质灾害调查。调查滑坡、崩塌、泥石流及地面塌陷等地质灾害的发育特征及危害情况，分析其时空分布规律、诱发因素、影响范围、成灾机理。

4) 公路边坡调查。调查公路边坡基本信息、边坡技术状况、边坡功能信息，具体按照《贵州省干线公路边坡养护技术指南（试行）》（JTT52/06-2023）的相关要求执行。

5) 公路承灾体调查。调查可能受地质灾害威胁的路基、桥梁、隧道、边坡等建（构）筑物及周边设施等信息，具体按照《自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南》（第一册 数据采集）中“4.2 采集内容”的要求执行。

### 3 风险评价

以野外易发性评价为基础，逐个地质单元开展风险评价，结合地质灾害风险评价与边坡风险评价，判定公路地质水文环境综合风险等级，划定公路沿线地质水文环境风险区，提出风险管控对策建议。

### 4 成果提交

- 1) 成果数据录入省级边坡管控系统平台。
- 2) 提交成果报告、附图、附件、测绘与勘察资料、测试与试验成果等。

## 4.2 工作流程及技术路线

工作流程如图 4.2-1 所示，技术路线如图 4.2-2 所示。

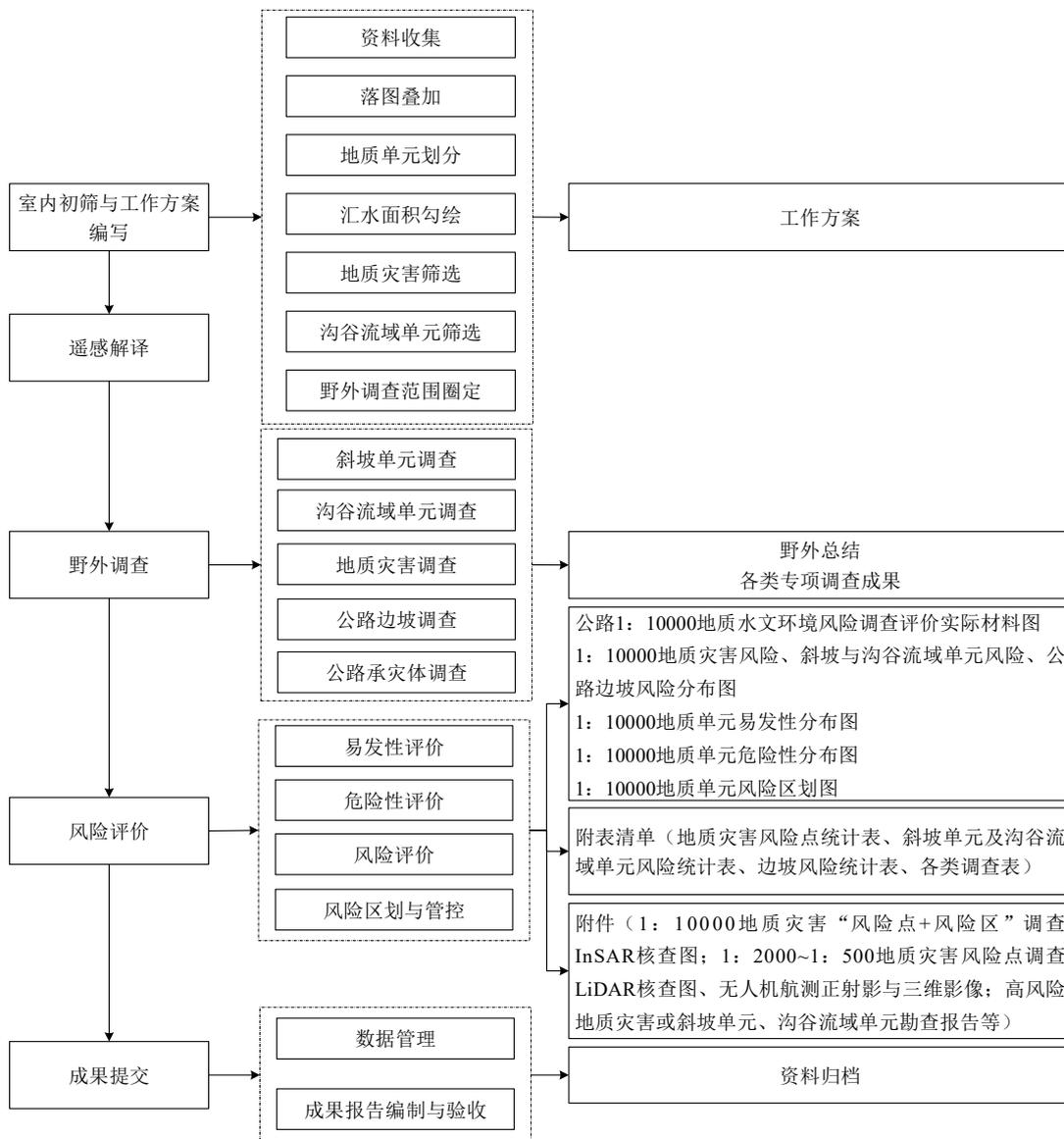


图 4.2-1 工作流程

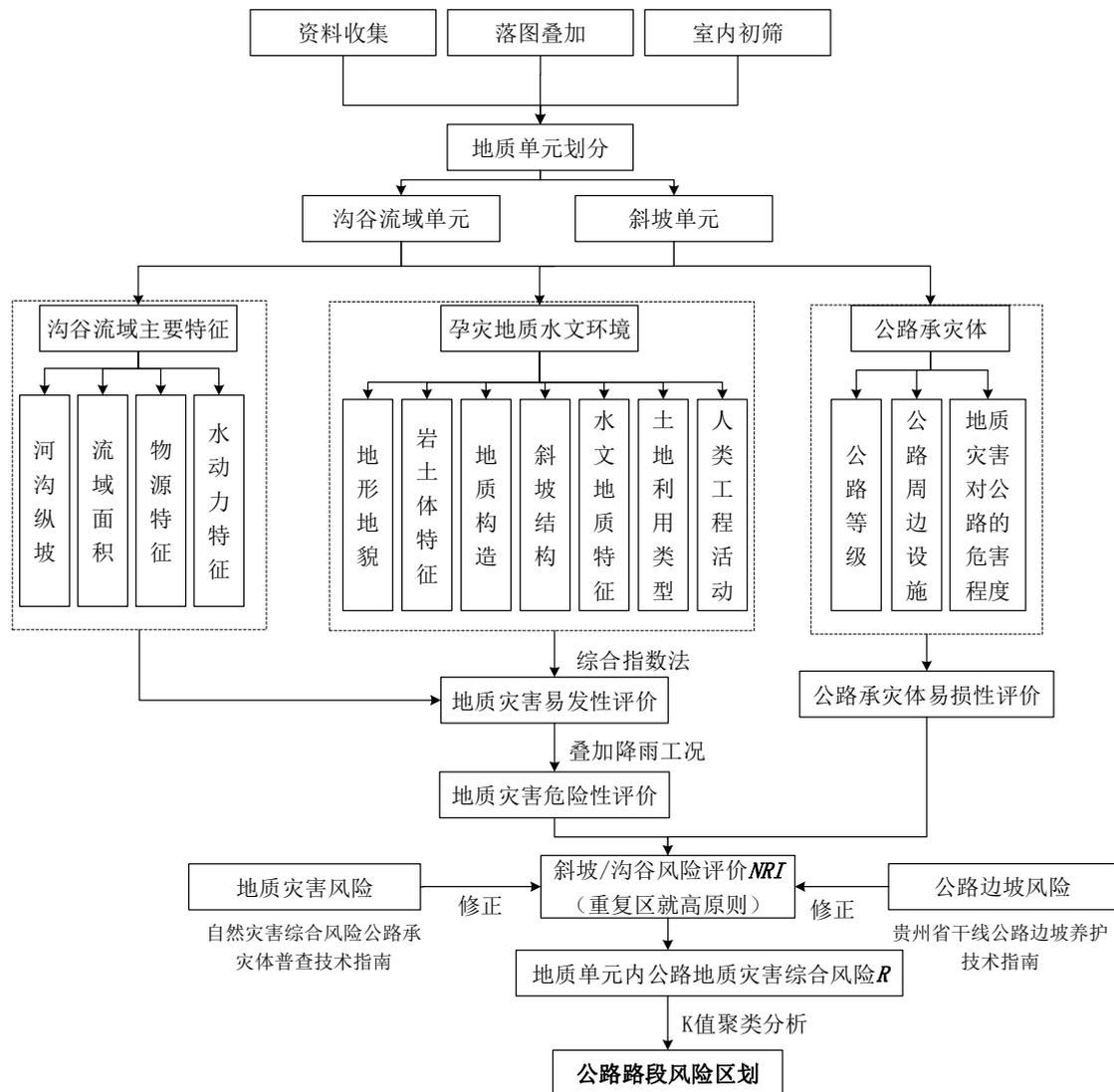


图 4.2-2 技术路线

### 4.3 工作要求

4.3.1 在建高速公路施工图设计阶段沿线地质水文环境风险调查评价，应重点调查评价沟谷流域单元的风险。

4.3.2 在建公路工程项目“两区三厂”选址阶段的地质灾害危险性评估应按现行标准《地质灾害危险性评估规范》(DZ/T 0286)执行，并按照本指南要求对“两区三厂”所在地质单元开展地质水文环境风险调查评价工作。

4.3.3 运营高速公路沿线地质水文环境风险调查评价应针对公路及沿线周边建(构)筑物类型，重点调查评价以下内容：

- 1 路基。应重点调查高填方及半挖半填路段滑坡风险、堆积体路段滑坡灾

害风险、采空区路段崩塌及地面塌陷风险，沟谷流域路段路基受泥石流冲击风险。

2 桥梁。涉水墩台、位于沟底区域的桥梁墩台应重点调查评价可能形成沟谷泥石流的灾害风险，以及在极端气候条件下，沟谷物源对桥墩冲击的可能性；斜坡处墩台应重点调查墩柱挖土、弃土情况，评价斜坡区崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害风险及斜坡单元风险，沟谷物源对墩台冲击的可能性。

3 隧道。应重点调查隧道洞口滑坡、崩塌地质灾害，当隧道口位于沟谷影响范围内时，应调查沟谷泥石流灾害风险。

4 弃土场。应重点调查公路上游存在弃土场及公路弃土场下游存在村寨、学校、铁路、厂矿等其他重要构筑物的沟谷流域单元，评价弃土场所在沟谷流域单元风险。

5 周边建（构）筑物。当公路路域内存在影响周边居民区、学校、铁路等建（构）筑物安全风险时，应重点调查公路地质灾害对周边建（构）筑物危害、评价风险。

#### **4.3.4 按照以下原则划分地质单元：**

1 同一个地质单元应有相似的地质环境条件或成灾机制和致灾模式，单个地质单元面积不宜大于  $0.5\text{km}^2$ ，具体可结合实际情况划定。

2 应以公路承灾体作为地质单元划分的控制性因素，综合考虑岩土体特征、致灾因素、地层岩性、既有地质灾害、变形特征等因素合理圈定，上限应划至分水岭，下限将公路承灾体圈划进去，两侧一般以次级分水岭及沟谷为边界。

3 对于沟谷流域地带，应结合泥石流发育特征及影响范围划定沟谷流域单元。

4 地面塌陷调查单元按岩溶分布区、采空区范围划定。

#### **4.3.5 工作方案编制应符合下列要求：**

1 应根据任务书要求，细化目标任务，确定量化可考核的预期成果，明确需要重点解决的问题以及专题研究内容，制定技术路线和工作进度安排，设计实物工作量，阐明部署依据等。

2 工作方案附图及附件包括：公路边坡、地质灾害风险点分布与易发区草图、工作部署图，以及其他相关附图、附表等。

3 工作部署图应以地形图、DEM 数字高程模型或高清遥感影像为底图，图层包括调查分区、初步划定地质单元、公路设施、地质灾害风险点以及工作部署、重要水系等，镶表为拟完成的调查分区情况表、设计实物工作量表、工作进度表。

4 工作方案编写提纲参照附录 A。

#### 4.3.6 调查路段基本工作要求：

1 野外调查应按 1:10000 地质灾害测量要求开展，对具备成灾条件的地质单元、地质灾害及公路边坡逐一调查，圈定成灾范围及影响区范围。

2 高风险地质灾害风险点野外调查按 1:2000 地质灾害测量要求开展，采用无人机正射和倾斜摄影进行大比例尺测量，必要时利用机载激光雷达（LiDAR）等对地质环境复杂区进行大比例尺测绘。

3 对实施勘探工作的高风险地质灾害及斜坡单元与沟谷流域单元，按照 1:2000~1:500 精度开展初步勘查，布设测绘、钻探、物探、挖探或取样测试等手段，确定其威胁范围和威胁对象，查明主要致灾因素和失稳破坏模式，构建评价模型，评价地质灾害风险。

## 5 调查方法

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 调查宜采用遥感调查、地面调查、测绘和勘查相结合的方法综合开展。以遥感调查为先导，以野外实地调查或线路核查为主的方法进行，对于高风险地质灾害和中高风险及以上斜坡单元应布设物探、钻探、挖探和测试等工作量，在精度满足要求的前提下，可用遥感调查等手段代替部分地面调查工作量。

**5.1.2** 宜利用 InSAR、光学遥感、LiDAR、无人机航拍、三维激光扫描等地质灾害调查新技术，加大对地表变形特征的识别及现场复核。

### 5.2 资料收集

**5.2.1** 收集公路沿线 1: 10000~1: 2000 的地形图、1: 200000~1: 50000 区域地质图、1: 200000~1: 50000 水文地质图。

**5.2.2** 收集自然资源、水利等部门自然灾害风险数据与公路路网图叠加，形成公路沿线地质灾害风险点清单、疑似风险路段清单。

**5.2.3** 收集地质灾害形成条件与诱发因素资料，包括：地形地貌、植被、地层、构造、地震、工程地质、水文地质、气象、水文及人类工程活动等。

**5.2.4** 收集公路工程资料，包括：区域地质、路线地质、工点勘察、公路设施属性信息、历史上所发生的各类地质灾害的时间、类型、规模、灾情等资料，已开展的专项检查、技术状况评定、风险评价、监测预警、养护工程、应急处置等工作资料。

### 5.3 遥感调查

#### 5.3.1 一般规定

- 1 遥感调查主要用于地质灾害、孕灾地质水文环境条件及承灾体的调查。
- 2 遥感调查解译范围不应小于路线两侧各 1000m，并应考虑地质构造、不良地质和特殊性岩土解译的完整性。
- 3 针对不同调查、评价精度，选用中、高分辨率的卫星遥感、航空遥感以

及无人机倾斜摄影测量或机载激光雷达等信息源，应选用地面分辨率优于 0.5m 的信息源。

4 遥感解译出的崩塌、滑坡、泥石流灾害，图上面积大于  $4\text{mm}^2$  的，应勾绘出其范围和边界，小于  $4\text{mm}^2$  的，用规定的符号表示。解译的界线与影像误差应小于 2mm。

5 遥感解译成果报告应包括遥感数据情况、解译方法、解译结果等内容，并附相应的图件。

6 应对识别出的疑似地质灾害进行野外核查。

### 5.3.2 InSAR

1 根据调查区的雷达卫星数据量、地质灾害分布区域特征和监测目的进行 InSAR 数据选择，用于广域地质灾害识别时宜采用 D-InSAR 或 SBAS-InSAR。

2 利用 InSAR 解译数据对灾害体调查，内容应包括：位置、范围、形状、形变方向、面积、活动性、历史发育过程等。

3 InSAR 解译的其他要求按照《地质灾害 InSAR 监测技术指南（试行）》（T / CAGHP 013）执行。

### 5.3.3 无人机航测摄影

1 对地质灾害 1:2000 三维倾斜摄影或贴近摄影测量，摄影范围应包括地质灾害边界及潜在影响区域。

2 根据数据量、处理难易程度，运用建模软件制作正射影像；通过三维格网重建，自动纹理映射制作三维模型。通过倾斜数据成果可以精确展现现场特征。

3 倾斜摄影数据空间坐标系统一采用 CGCS2000 坐标系。

4 三维倾斜摄影主要技术要求参考：倾斜数字航空摄影成果质量检验技术规程（CH/T 1050）、低空数字航空摄影测量内业规范（CH/T 3003）、低空数字航空摄影测量外业规范（CH/T 3004）、低空数字航空摄影规范（CH/T 3005）。

### 5.3.4 机载激光雷达测量

1 对地质环境复杂区可开展激光雷达扫描，以调查古滑坡范围、崩塌顶部裂缝、下部堆积体分布等情况。

2 LiDAR 观测数据主要来源为机载激光雷达扫描数据，数据形式包括 Las

格式点云数据和影像数据。

3 根据对点云数据进行滤波、分类，提取激光点云单位距离的表层数据，制作出数字表面模型 DSM；通过筛选过滤出真实地面高程点，制作出数字高程模型 DEM。

4 LiDAR 数据处理成果主要有分类点云、数字高程模型、数字表面模型。

5 利用数据处理结果对灾害体调查，内容包括位置、范围、形状、形变方向、形变量、形变部位、面积等。

## 5.4 地面调查

5.4.1 地面核查工作开始前，宜先收集地质调查工作区域内高分辨率的卫星光学遥感影像、无人机航测成果和机载雷达航测数据等。

5.4.2 宜采用追索法或穿越法，应按照调查精度要求布设调查线路和控制点，查明孕灾地质水文环境条件和地质灾害特征。

5.4.3 调查路段采用 1:10000 比例尺的地形图，地质灾害风险点、中高风险及以上斜坡单元宜采用 1:2000 或更大比例尺的地形图。

5.4.4 宜采用叠加高精度遥感影像的数字化调查工作手图，提高调查成果质量。

5.4.5 地面调查的详细程度应与所选的比例尺相适应，应不小于成图比例尺。

5.4.6 野外调查中，应充分利用已有资料和遥感解译成果，对地质图进行修测，加强地面调查工作的针对性，提高调查成果质量。

## 5.5 物探

5.5.1 物探工作应探测查明基覆界面、滑面（带）、地下水位等内容。

5.5.2 物探工作布置与钻探工作应统筹考虑，不宜全部重叠布置。

5.5.3 物探探测深度应大于地质灾害体厚度、裂缝深度、控制性软弱夹层深度和设计钻孔深度等。

5.5.4 应编制物探成果报告，报告中应论述工作方法、地质灾害的地球物理特征、资料的解释推断、结论和建议，并附相应的工作布置图、平剖面图、曲线图、解释成果图等。

## 5.6 钻探

**5.6.1** 钻探验收后，根据具体需求可选择合适钻孔作为深部位移或水位监测孔预留，便于后期开展风险区监测工作。

**5.6.2** 应提交的钻探资料包括：钻探班报表、岩芯编录表、岩芯照片集、钻孔柱状图、岩芯取样、地下水位监测记录等。

## 5.7 挖探

**5.7.1** 挖探应揭露覆盖层厚度、软弱夹层分布及性质、岩土体类型、基岩产状等内容。

**5.7.2** 挖探以坑探、槽探及浅井为主，应配合野外地面调查、地质剖面测量及样品采集进行。

**5.7.3** 探槽、浅井的深度应根据调查需要和施工安全具体确定，应尽可能揭露松散覆盖层厚度。

**5.7.4** 对探槽、浅井应进行详细编录，并制作大比例尺（1:100~1:20）展视图或剖面图，内容包括：地层岩性界线、岩土体类型及性质、结构、构造特征、水文地质与工程地质特征、取样位置等，对重要位置（滑带面等）应进行拍照或录像。

## 5.8 测试与试验

**5.8.1** 测试与试验应以原位测试与室内试验相结合的方式进行。

**5.8.2** 原位测试宜选择现场直剪试验、孔内波速测试、岩石声波测试、点荷载试验、渗透试验等方法，获取岩土体物理力学参数，分析土体颗粒组分、密实度、含水率及渗透性。

**5.8.3** 提交测试与试验成果报告，内容包括样品采集情况（时间、地点、层位、编号等）、测试项目、测试数据等。

## 6 调查内容

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 调查对象主要包括斜坡单元、沟谷流域单元、地质灾害、公路边坡及公路承灾体。

**6.1.2** 调查内容应按统一的标准进行分类，涉及的地质灾害规模分类标准宜参照《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）相关规定执行，其他分类标准按《地质灾害风险调查评价规范（1：50000）》（DZ/T 0438）相关规定执行。

**6.1.3** 地质灾害调查除应满足本指南要求外，尚应满足《自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南》（第一册 数据采集）第 5 章的相关要求。

《贵州省干线公路边坡养护技术指南（试行）》（JTT52/06）第 5.5 节的要求执行。

**6.1.4** 公路边坡调查应参照《贵州省干线公路边坡养护技术指南（试行）》（JTT52/06）第 5.5 节的要求执行。

### 6.2 斜坡单元调查

**6.2.1** 斜坡单元分为煤系地层类、玄武岩类、红层类、岩溶类、变质岩类和其他类，各类斜坡单元孕灾地质水文环境调查应在基础地质水文环境调查的基础上，结合自身特点开展野外调查工作，按附录 B 填录斜坡单元调查信息，按附录 D 进行斜坡单元地质灾害易发性打分。

**6.2.2** 基础地质水文环境条件调查应包括以下内容：

#### 1 地形地貌调查

应结合公路沿线地质地形图、遥感影像、DEM 数字高程模型，确定斜坡所处区域地貌单元及类型，调查与滑坡、崩塌、泥石流相关的地形地貌特征，包括斜坡形态、类型、结构、坡度、坡向、悬崖等，重点关注微地貌组合特征、相对时代及其演化历史。调查人工地形地貌形态、规模及其稳定性条件，包括人工边坡、露天采矿场、采空区、水库和大坝、弃渣堆等。

#### 2 地质构造调查

以资料收集为主，并结合遥感解译和野外核查，分析区域主要构造的规模、

构造优势面及组合、性质、方向、活动强度、特征，分析斜坡与构造的位置关系。调查各种构造结构面、原生结构面和风化卸荷裂隙的产状、形态、规模、性质、密度、延伸、充填及其相互切割关系，分析各种结构面与斜（边）坡及临空面的几何关系及其对斜（边）坡稳定性的影响。

### 3 岩土体特征调查

通过资料收集掌握地层层序、地质时代、成因类型、岩性特征和接触关系等基础地质资料，掌握区域易崩、易滑地层，或具有连续软弱结构面、易软化地层、层间剪切面的易致灾地层分布情况。通过调查，确定斜坡风化层、松散残坡积层的厚度及分布范围，基岩露头分布范围，松散层与基岩面接触过渡关系等。

1) 工程地质岩组特征调查，包括岩体产状、结构和工程地质性质，划分工程岩组类型，开展岩土结构分类；分析岩土结构与滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害形成的关系，确定软弱夹层和易滑易崩岩组。

2) 岩体风化特征调查，包括风化层分布、风化带厚度及其与岩性、地形、地质构造、水、植被和人类活动的关系，分析斜坡差异风化形成的凹岩腔、风化卸荷裂隙带等与滑坡、崩塌、泥石流灾害的关系。

3) 土体工程地质特征调查，包括土体分布及范围、形成时代、成因类型、厚度及其与斜坡结构和稳定性的关系。

4) 岩体结构调查，包括结构面特征（类型和等级、产状、发育程度、延伸程度、闭合程度、平直程度及光滑度或起伏度、风化程度、充填状况、充水状况，以及组合关系、力学属性、与临空面的关系）、结构体特征及其立体形式等。

### 4 斜坡结构调查

应调查斜坡的地质环境条件、斜坡体特征、灾害发育情况以及不同类型斜坡分布范围，初步判别斜坡稳定性，综合考虑地质环境特征及地质灾害发育内因和外因，确定斜坡结构类型，内容包括：

1) 斜坡形态特征与结构特征，包括平、剖面形态、结构类型、规模、组合关系等。

2) 裂隙及结构面发育情况，包括所处构造部位、褶皱、断裂、裂隙特征及其切割关系，结构面的组合关系。

- 3) 植被类型、覆盖率、土地利用类型。
- 4) 切坡、采矿、土地整理等人类活动情况。
- 5) 历史斜坡变形破坏迹象、变形位置、变形时间、历史降雨量及微地貌特征。
- 6) 斜坡孕灾条件分析，斜坡演化过程。

## 5 水文地质特征调查

### 1) 地表水

调查地表水流量、最大流量、历史最高洪水位、水位波动幅度、入渗条件、冲刷强度及流通情况，分析地表水对斜坡的侵蚀切割作用；对威胁公路的沟谷单元，应圈定沟谷单元的汇水面积，计算汇水量。

### 2) 地下水类型与赋存条件

调查水文地质结构，包括含水层分布、类型、富水性、透水性，主要隔水层的岩性、厚度和分布。

### 3) 地下水补给、径流、排泄条件

调查分析地下水的流向、径流、补给和排泄条件，地下水与斜坡稳定性及地质灾害的关系。

### 4) 地下水动态特征

调查斜坡地下水水位及动态变化，圈定泉点、地下水溢出带等分布范围，调查其流量及动态情况。

## 6 植被与土地利用状况调查

植被与土地利用状况资料应收集利用国情地理普查数据、土地利用规划资料等。

## 7 人类工程活动调查

以资料收集为主，野外核查为辅的方法开展调查。了解目前人类工程活动对斜坡的扰动情况，如弃土场、采矿工程、修建公路铁路、水电工程，工程加载、切坡、改变水环境、震动等对斜坡的影响及诱发灾害情况。

### 6.2.3 煤系地层斜坡单元

1 应重点调查斜坡单元内岩土体结构特征，尤其是软弱夹层及煤层的发育特征；

- 2 应调查煤矿开采及采空区情况；
- 3 煤系地层斜坡单元易发性可按附录 D.2 进行评判。

#### 6.2.4 玄武岩斜坡单元

- 1 应重点调查斜坡单元内玄武岩岩体结构特征，尤其是玄武岩喷溢和旋回分界面的发育特征。
- 2 应查明玄武岩上覆土层的厚度、颗粒级配、孔隙度及含水条件。
- 3 应查明玄武岩与其他岩性组合情况，包括含水层、隔水层的分布特征，特别是地下水径流条件对玄武岩斜坡的影响。
- 4 应重点调查强风化玄武岩与冲沟关系，尤其是在地表水冲蚀下形成泥石流灾害的条件。
- 5 玄武岩类斜坡单元易发性可按附录 D.3 进行评判。

#### 6.2.5 红层斜坡单元

- 1 应调查斜坡单元的地层岩性、风化程度、软弱层、结构面等特征，进行岩体分类、风化带划分，确定调查区易崩易滑地层，分析孕育地质灾害的基本规律。
- 2 调查斜坡结构，划分岩土界面，分析判定潜在滑面（带）的位置、形状等特征；重点对受软弱层控制的顺层基岩斜坡稳定性进行综合判断。
- 3 调查土地类型与分布、植被类型与分布、覆盖率、马刀树与醉汉林等斜坡变形指示植物、农田与池塘分布及渗漏情况。
- 4 调查岩层组合情况，调查不良地质现象的发育和分布特征、形成条件、结构类型、成因，调查斜坡单元内已采取的工程防护措施和效果。
- 5 人工边坡的位置、长度、高度、坡度、边坡岩土体特征、挖填坡时间、已采取的防护措施及效果。
- 6 红层地区斜坡单元地质灾害易发性可按附录 D.4 进行评判。

#### 6.2.6 岩溶地区斜坡单元

- 1 应调查溶隙、岩溶堆积体、溶洞、岩溶塌陷坑、土洞、溶蚀凹槽、地下水、泉、溢出带、斜坡潮湿带等分布发育特征，分析可能产生地质灾害的类型、规模、变形方式、稳定性和影响范围等。
- 2 应调查斜坡结构类型，重点调查由上部为碳酸盐岩和下部为煤系地层、

泥页岩、软弱地层构成的斜坡，分析采矿、切坡、蓄水等工程活动的致灾作用。

3 调查陡崖顶部及陡崖临空面滑面岩体结构类型，控制结构面类型、产状，卸荷裂隙深度等。

4 调查陡崖脚堆积体的范围、规模、稳定性。

5 岩溶地区斜坡单元地质灾害易发性可按附录 D.5 进行评判。

### 6.2.7 变质岩斜坡单元

1 应重点关注顺向坡地段、存在工程活动破坏原始坡体稳定性的坡段以及基岩节理裂隙较发育地段。

2 变质岩地区斜坡单元的地质灾害易发性可按附录 D.6 进行评判。

6.2.8 其他类斜坡单元的地质灾害易发性可按附录 D.7 进行评判。

## 6.3 沟谷流域单元调查

6.3.1 沟谷流域单元孕灾地质水文环境调查应在基础地质水文环境调查的基础上，结合沟谷流域特征开展现场工作，沟谷流域单元基础地质水文环境调查按照第 6.2.2 条执行。

6.3.2 沟谷流域调查应满足以下要求：

1 沟谷流域单元的调查范围应包括影响公路结构物的沟谷全流域以及可能的诱发地质灾害链的影响范围。

2 当公路结构物跨越沟谷或位于沟口，且存在沟谷内汇水导致物源冲击结构物的风险时，应首先收集大范围地质地形图，判明汇水特征（汇水面积、汇水量等），并结合遥感和实地测量的方法，调查地形地貌、物源区岩土体工程地质特征、沟谷区斜坡结构、水文特征、人类工程活动（弃土场等），评价潜在沟谷灾害易发性、危险性和风险等级。

3 当沟谷汇水冲击公路填方路堤、弃土（渣），存在影响下方居民区、学校、铁路等建（构）筑物安全风险时，应首先收集大范围地质地形图，判明汇水特征（汇水面积、汇水量等），并结合遥感和实地测量的方法，调查地形地貌、物源区岩土体工程地质特征、沟谷区斜坡结构、水文特征、人类工程活动（弃土场等），评价潜在沟谷灾害易发性、危险性和风险等级。

4 应调查沟谷形态（纵横断面特征）、规模、松散堆积物、沟谷内地层岩性、

地质构造、岩石风化、水文现象、发育阶段等，分析形成泥石流物源及水动力特征。

5 收集沟谷单元气象资料，分析多年平均降水量、最大降水量、最小降水量、小时降水强度等与泥石流的关系。

6 收集沟谷单元气象水文条件，分析水源类型、多年平均流量、最大洪峰流量、最小流量、积水与泥石流的关系。

7 应调查物源区、流通区及堆积区范围，覆土层厚度，土体类型，物理性质，斜坡坡度，植被覆盖情况，雨水排泄、入渗、径流、堵塞情况等。

8 按附录 C 填录沟谷流域调查信息，沟谷流域单元易发性可按附录 D.8 进行评判。

## **6.4 地质灾害调查**

**6.4.1** 应通过历史访问、现场调查等方式，调查斜坡历史变形特征、变形部位、变形时间、影响范围、规模和危害等，对斜坡内发生变形的部位应进行标注，对于诱发变形的事件应对发生日期、特征及诱发因素（如降雨、地震等）等进行记录。

**6.4.2** 地质灾害历史特征调查包括灾害发生时间、公路断交状况、危害公路基础设施类型、危害程度及灾害处治情况。

**6.4.3** 地质灾害调查可按本指南附录 E 填写地质灾害现场调查记录表。

### **6.4.4 滑坡调查**

1 滑坡灾害调查主要包括滑坡区地质环境条件调查、滑坡基本特征调查、滑坡稳定性评价及滑坡发展趋势预测等内容。

2 滑坡地质环境条件主要调查以下内容：

1) 滑坡所在原始斜坡的坡高、坡度、坡向、斜坡物质组成及微地貌等地形地貌特征。

2) 降水量、地表水类型及地表水体水位动态变化情况气象水文情况。

3) 地层岩性、地质构造与地震及地下水情况等地质环境条件。

4) 公路建设对原地形的改造、附近采煤活动情况，坡后建设超载、库水位涨落及其他人类工程活动情况。

3 滑坡基本特征主要调查以下内容：

1) 滑坡平面形态、剖面形态特征，滑坡边界特征、尺寸及规模等形态特征。

2) 若存在滑面，需查清滑动面（带）位置及物质组成，滑体物质组成及滑床岩性等结构特征。

3) 滑坡裂缝分布与连通情况、地表变形情况及公路结构物损坏情况等，以及滑坡变形过程及运动情况等变形破坏特征。

4 综合考虑滑坡基本特征、影响因素、工程地质和水文地质条件等，采用工程地质分析、定量计算或专家会商评估等方法研判滑坡体稳定性，可按本指南附录 F 进行滑坡稳定性野外判别。

5 根据滑坡现状及诱发因素预测其发展趋势，分析滑坡继续活动的可能性，划定威胁对象及范围。

#### **6.4.5 崩塌调查**

1 崩塌灾害调查包括崩塌区地质环境条件调查、危岩体基本特征调查、崩塌堆积体调查、公路结构物损坏情况、稳定性评价、发展趋势预测等内容。

2 崩塌地质环境条件主要调查以下内容：

1) 崩塌所在斜坡（陡崖）坡高、坡度、坡向、结构类型、斜坡物质组成及微地貌等地形地貌特征。

2) 降水量、地表水类型及水位变化情况气象水文条件。

3) 地层岩性、地质构造与地震及地下水动态等地质环境条件。

4) 地下采掘活动、爆破振动及其他人类工程活动等情况。

3 危岩体主要调查以下内容：

1) 危岩体数量、分布位置与分布高程、危岩坡面形态、规模尺寸及规模等级等形态特征。

2) 危岩体结构类型、结构面类型及其发育特征，以及卸荷裂隙、凹腔、软弱夹层等诱发因素等。

3) 历史发生崩塌的次数、发生时间，以及崩塌前兆、运动方向、崩塌块体运动路线与运动距离等变形运动特征。

4 崩塌堆积体主要调查其空间分布范围、形态、规模、物质组成、分选情况，以及植被生长情况、块度、结构、架空情况和密实度等。

5 危岩体及崩塌堆积体稳定性分析宜符合下列规定：

1) 根据危岩体基本特征与地质环境条件等，采取工程地质分析、定量计算或专家会商评估等方法研判灾害体稳定性，按本指南附录 F 进行崩塌稳定性野外判别。

2) 评价崩塌堆积体可能失稳的因素，判断崩塌堆积体自身的稳定性和在上方崩塌体冲击荷载作用下的稳定性，分析在暴雨等条件下向泥石流、崩塌转化的条件和可能性。

6 根据危岩崩落的距离和危岩带宽度，分析预测危岩体、崩塌堆积体失稳可能造成灾害的影响范围，确定受威胁对象，进行险情的分析和预测。

#### 6.4.6 泥石流调查

1 调查范围应包括沟谷至分水岭的全部地段和可能受泥石流影响的地段，主要调查泥石流沟域地质环境条件与泥石流基本特征等。

2 泥石流沟域地质环境条件主要调查以下内容：

1) 沟道顶底高程与高差、山坡坡度、主沟纵坡、主沟长度、流域形态等地形地貌特征，划分泥石流的形成区、流通区和堆积区，圈绘整个沟谷的汇水面积。

2) 年、日、时、10min 降水特征值及水源类型等气象水文情况。

3) 物源区地层岩性、地质构造与地震，以及不良地质类型、位置与规模等地质环境条件。

4) 人类工程活动所产生的固体废弃物（矿山尾矿工程弃渣、弃土、垃圾）的堆放位置、堆放形式和体积规模等，调查流域内植被分布和土体利用情况，圈定流域内植被严重破坏区、陡坡耕地区等。

3 泥石流基本特征主要调查以下内容：

1) 泥石流流体性质、固体物质组成等流体特征。

2) 泥石流泥位、淤埋、侧蚀、沟槽宽度与堵塞程度等运动特征。

3) 泥石流堆积体分布范围、物质组成、扇形扩散角，以及堆积体长度、宽度、面积、体积等堆积特征。

4) 历次泥石流发生的频度、时间、规模及泥位痕迹等，以及发生前降水情况与发生后产生的灾害情况等活动历史。

5) 公路结构物破损情况。

4 调查历次泥石流残留在沟道中的各种痕迹和堆积范围，采用泥位调查法按表 6.4.6 划定泥石流危险区。

表 6.4.6 泥石流活动危险区划分表

危险分区	判别特征
极危险区	a) 泥石流、洪水能直接到达的地区，历史最高泥位或水位线及泛滥线以下地区； b) 河沟两岸已知的及预测可能发生崩塌、滑坡的地区； c) 堆积扇挤压大河被堵塞后引发的大河上、下游的可能受灾地区
危险区	a) 最高泥位或水位线以上加堵塞后的雍高水位以下的淹没区，溃坝后泥石流可能到达的地区； b) 河沟两岸崩塌、滑坡后缘裂隙以上 50m~100m 范围内，或按实地地形确定； c) 大河因泥石流堵江后在极危险区以外的周边地区仍可能发生灾害的区域
影响区	高于危险区与危险区相邻的地区，不会直接受到泥石流冲击影响，但却有可能间接受到泥石流危害的牵连而发生某些级别灾害的地区
安全区	极危险区、危险区、影响区以外的地区为安全区

5 按附录 F 对泥石流发育阶段分期进行判别，并结合调查资料判断目前所处的发育阶段，分析今后一定时期内泥石流的发展趋势。

### 6.2.7 地面塌陷调查

1 调查塌陷区域地质环境条件、地面塌陷的发育条件和影响因素，调查区内岩溶发育、分布规律、岩溶水环境、岩溶塌陷的形态分布、成因、土层厚度与下伏基岩岩溶特征等；调查采空区矿层及其开采特征、周边水文特征和监测情况等矿区基本情况，及地表变形特征和分布规律等，重点调查各种人为因素的作用和影响。

2 地面塌陷地质环境条件主要调查以下内容：

1) 地面塌陷区所处的天然地貌与微地貌类型特征。

2) 降水量、地表水类型及水位变化情况气象水文条件。

3) 地层岩性、地质构造与地震及地下水动态等地质环境条件。

4) 岩溶地面塌陷重点调查抽排水点位置、抽排水过程及抽排水降深与水量、地下水人工流场（如降落漏斗）的范围，水库与引水渠道的渗漏特征等。

5) 采空地地面塌陷重点调查采空区开采情况，包括采空区开采历史、开采方式、巷道分布及尺寸、顶板岩性及管理方法、采空区分布及规划等。

3 塌陷坑与裂缝发育特征主要调查以下内容：

1) 调查每个塌陷坑形状、坑口规模、变形面积、深度、长轴方向、充水水位、发生时间及发展变化等情况，以及调查分布密集的陷坑群塌陷坑数量、分布面积、排列形式、坑口直径和坑的深度范围等塌陷坑特征。

2) 调查塌陷坑单体裂缝形态、延伸方向、倾向、倾角、长度、宽度及深度等特征，以及调查分布密集的裂缝群裂缝数量、分布面积、裂缝间距、排列形式及规模等裂缝发育特征。

3) 公路结构物破损情况。

4 地面塌陷稳定性现状评价及发展趋势预测宜符合下列规定：

1) 在对区内已发生岩溶塌陷的类型、分布、规模、历史过程及其危险性进行分析的基础上，采用定性与定量相结合的方法，参照附录 F 对岩溶地面塌陷稳定性进行野外判别，以及对土洞、浅埋溶洞稳定性现状进行评价。

2) 综合考虑矿层开采方法、顶板管理方式、开采时限以及采空塌陷的类型、规模、埋深、采深采厚比和覆岩特征等因素，根据地表变形、建（构）筑物变形及采矿活动情况，参照附录 F 对采空区地面塌陷稳定性进行野外判别。

3) 评价地面塌陷的发展趋势，分析与预测地面塌陷进一步发生后可能成灾范围，划定危险区、影响区及威胁对象。

## 6.5 公路承灾体调查

**6.5.1** 应以资料收集为主，遥感调查、补充地面调查与野外核查为辅的方法进行调查。

**6.5.2** 调查内容应包括公路路线信息、公路桥梁信息、公路隧道信息、公路高边坡信息，具体按照《自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南》（第一册 数据采集）中“4.2 采集内容”的要求执行。

**6.5.3** 公路高边坡信息采取资料收集、现场调查方式，利用数据采集系统填报。

## 7 风险评价

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 地质灾害风险、斜坡单元风险、沟谷流域单元风险、边坡风险评价及风险区段划分，分别采取不同的方法进行评价。

**7.1.2** 地质灾害风险评价应按照《自然灾害综合风险公路承灾体普查技术指南》（第二册 数据成果质检）第 3.1.3 条的要求执行。

**7.1.3** 边坡风险评价应参照《贵州省干线公路边坡养护技术指南》第 6.2 节的要求执行。

**7.1.4** 风险评价结果应实地核查。对风险等级、区划边界、异常区等进行复核修正，必要时补充相应调查工作。

### 7.2 易发性评价

**7.2.1** 地质单元易发性评价，应在分析总结公路沿线地质灾害发育分布规律、孕灾机理、成灾模式的基础上，结合野外调查打分结果，合理确定各地质单元地质灾害的易发性等级。

**7.2.2** 地质灾害易发性分级标准见表 7.2.2。

表 7.2.2 地质单元易发性等级划分标准表

易发性等级	高易发	较高易发	中易发	低易发
野外调查得分	$Y \geq 80$	$80 > Y \geq 60$	$60 > Y \geq 45$	$45 > Y$

### 7.3 危险性评价

**7.3.1** 危险性评价指标体系应在易发性评价体系的基础上，增加工况指标，宜分析大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨 4 种降雨工况下的各地质单元发生灾害的失稳概率和空间强度。

**7.3.2** 评价地质单元在不同工况下的失稳概率，并分析其发灾后的最大可能威胁范围等。以危险性指数法评价地质灾害危险性，计算方法如下：

$$H_i = Y_i / Y_{\max} \times P_i$$

式中： $H_i$ 为暴雨工况下第*i*个评估单元危险性；

$Y_i$ 为第*i*个评估单元地质灾害易发性指数；

$Y_{max}$ 为地质灾害易发性指数最大值（取值为100）；

$P_i$ 为某工况下第*i*个评估单元的给定时间段内的失稳概率，可基于极值降雨假设确定  $P_i$ ，即基于评价区历史上有地质灾害发生的事实，假设有监测记录以来，24小时最大降雨量  $L_{max}/day$  为灾害发生的触发因素，不同降雨工况下失稳概率则可表达为  $P_i = L/L_{max}/day$ ，L 对照四种工况，分别取 24 小时计降雨量 35mm、75mm、175mm、250mm。

7.3.4 按照表 7.3.4 划分危险性等级，编制不同工况下的斜坡单元地质灾害危险性评价图。

表 7.3.4 地质灾害危险性划分标准表

地质灾害危险性等级	高危险	较高危险	中危险	低危险
危险性指数（概率） $H_i$	$0.85 < H_i \leq 1$	$0.65 < H_i \leq 0.85$	$0.45 < H_i \leq 0.65$	$0 < H_i \leq 0.45$

## 7.4 公路承灾体易损性评价

7.4.1 公路承灾体易损性分为“高、较高、中、低”四个等级，公路承灾体易损性分级依据参考表 7.4.1。

7.4.2 公路承灾体易损性评价指标包括公路等级、公路周边设施、地质灾害对公路的危害程度。

表 7.4.1 公路承灾体易损性打分表

路线名称				起止点经纬度			
路线编号				技术等级			
起止点桩号				管养单位名称			
序号	分类指标	评价指标			打分	说明	
		权重	指标分类	赋值			
1	公路等级	0.33	四级公路及等外公路	10		按公路等级对公路的危害程度进行评分，其中低等级公路涉及特殊结构物取 100 分	
			三级公路	30			
			二级公路	70			
			高速公路及一级公路	100			
2	周边设施	0.11	设施位于下述范围外	10		按所处公路周边设施的	
			在坡顶以外 1.5 倍坡高、路基下	30			

			方 2.0 倍坡高范围及两侧有地表建筑物、地下埋藏物、高压线、水体设施			重要性及距离地质灾害的距离进行评分。其中隧道及桥梁处边坡取 100 分
			在坡顶以外 1.0 倍坡高、路基下方 1.5 倍坡高范围及两侧有地表建筑物、地下埋藏物、高压线、水体设施	70		
			在坡顶以外 0.5 倍坡高、路基下方 1.0 倍坡高范围及两侧有隧道、桥梁、地表建筑物、地下埋藏物、高压线、水体设施	100		
3	地质灾害对公路的危害程度	0.56	无或轻微。公路及其构筑物仅受到很小的影响或间接地受到影响，不影响使用，未造成交通中断	10		按地质灾害对公路的危害程度，可能引起的公路中断时间进行评分
			不严重。公路及其构筑物遭到一些破坏或功能受到一些影响，及时修复后仍能使用；交通中断，抢修、处置时间预计在 1h 以上	30		
			较严重。边坡破坏后，公路及其构筑物遭到较大破坏或功能受到较大影响，需要进行专门的加固治理后才能投入正常运用；交通毁坏或中断，抢修、处置时间预计在 12h 以上	70		
			严重。地质灾害发生后，公路及其构筑物完全破坏或功能完全丧失，交通毁坏或中断，抢修、处置时间预计在 24h 以上	100		
公路承灾体易损性等级：		高（100~70）	较高（70~30）	中（30~10）	低（10~0）	

## 7.5 风险评价

7.5.1 综合危险性评价和易损性评价结果，按表 7.5.1 划分地质单元风险等级。

表 7.5.1 地质灾害风险等级划分

易损性	危险性			
	高	较高	中	低
高	高	高	较高	中
较高	高	较高	中	中
中	较高	较高	中	低
低	较高	较高	低	低

注：当地质单元内同时存在斜坡单元与沟谷流域单元时，地质单元风险按就高原则确定；当地质单元内存在一、二级地质灾害风险点或一、二级高风险边坡时，地质

单元风险等级应提高一级。

**7.5.2** 公路地质灾害路段风险区划可采用 k 均值聚类方法进行相近单元的合并和赋值，计算方法参照附录 G。

## 7.6 风险管控

### 7.6.1 风险控制对策

根据风险评估结果与接受准则，提出风险分级处置原则及控制对策如表 7.6.1。

表 7.6.1 风险处置原则与控制对策

风险等级	接受准则	处置原则	控制对策
一级（高风险）	不可接受	应采取风险控制措施降低风险，至少将其风险降低至可接受或有条件可接受的水平	应急处置、专业监测、专项养护
二级（较高风险）	有条件可接受	应实施风险管理降低风险，且风险降低所需成本不应高于风险发生后的损失	专业监测 专项养护
三级（中风险）	可接受	宜实施风险管理，可采取风险处理措施	加强养护
四级（低风险）	可忽略	可实施风险管理	日常养护

### 7.6.2 风险控制措施

根据不同风险等级提出分级控制措施，并满足下列要求：

1 对一级（高风险），应编制专项应急预案，进行应急处置；制定监测计划，及时开展专业监测；及时实施专项养护。

2 对二级（较高风险），开展专业监测，根据监测结果有序实施专项养护。

3 对三级（中风险），加强检查频率，必要时进行监测，按需要进行局部补强加固。

4 对四级（低风险），不必采取额外的技术方面的预防措施，进行正常日常养护。

## 8 成果编制与数据管理

### 8.1 成果报告

8.1.1 成果报告所依据的原始资料，应进行整理、检查、分析，确认无误后方可使用。

8.1.2 成果报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位、标点，应符合国家有关标准和本文件的规定。

8.1.3 遥感解译成果、物探报告、勘查报告、各类测试成果、调查卡片、风险点防范措施、照片集等作为附件。

8.1.4 成果报告应资料完整、数据真实准确、篇章内容齐全、文字简练规范、图表齐全清晰、文图对应统一、结论明确有据、建议合理可行、便于使用和适宜长期保存。做到因地制宜，重点突出，无错误和矛盾，图表制作符合相关要求。

8.1.5 调查成果报告的编制应按附录 H 要求执行。

### 8.2 图件及附件

8.2.1 成果图件及附件应在研究分析已有和最新调查资料的基础上编制，见表 8.2.1。

表 8.2.1 成果图件及附件编制统计表

类型	名称（编图比例尺）	性质
图件	xx 公路 1: 10000 地质水文环境风险调查评价实际材料图	必编
	xx 公路 1:10000 地质灾害风险、斜坡单元风险、沟谷流域单元风险及公路边坡风险分布图	必编
	xx 公路 1:10000 地质单元易发性分布图	必编
	xx 公路 1:10000 地质单元危险性评价图	必编
	xx 公路 1:10000 地质灾害风险区划图	必编
附件	1:10000 地质灾害“风险点+风险区”调查 InSAR 核查图件	选编
	1: 2000~1: 500 地质灾害“风险点”调查 LiDAR 核查图件	选编
	1: 2000~1: 500 地质灾害“风险点”调查无人机航测正射影像	必编
	1: 2000~1: 500 地质灾害“风险点”调查无人机航测三维影像	必编
	典型地质灾害风险点或高风险斜坡单元、沟谷流域单元勘查报告	必编
附表	地质灾害风险点统计表	必编
	斜坡单元与沟谷流域单元风险统计表	必编
	边坡风险统计表	必编
	各类调查表	必编

**8.2.2** 实际材料图应主要反映工作区投入的调查工作量及工作程度，使用主图与镶图、镶表相结合的表达方法。

**8.2.3** 公路地质灾害易发性分布图应反映工作区内地质灾害易发程度分区，使用主图与镶图、镶表相结合的表达方法。

**8.2.4** 公路地质灾害危险性评价图应主要反映在不同工况下，区内地质灾害发生的可能性、强度及影响公路范围的系列图。对于地质灾害风险点、斜坡单元风险、沟谷流域单元风险等，图件主要反映区内每一处斜坡发生灾害的可能性及影响公路范围；对于高风险地质灾害风险点、斜坡单元与沟谷流域单元等，图件主要反映区内斜坡的稳定性系数、坡体失稳特征及影响公路范围等。图件使用主图与镶图、镶表相结合的表达方法。

**8.2.5** 地质灾害风险区划图要反映公路风险区的分布、风险等级，公路设施分布与数量。图件使用主图与镶图、镶表相结合的表达方法。

### **8.3 数据管理**

**8.3.1** 数据应通过省级边坡管控系统平台进行采集、分析、管理，系统平台应具有基础档案、野外调查、风险评价、风险区划、成果管理、综合展示等基本功能模块。省级边坡管控系统应在省高速公路养护综合管理系统中实现统一登录功能，并向省高速公路养护综合管理系统提供数据对接接口，实现核心业务数据向省高速公路养护综合管理系统的精准推送，确保传输数据的一致性、准确性和时效性。

**8.3.2** 数据主要包括以下内容：

- 1 项目基本信息，主要包括调查区基本情况、调查单位情况、主要成果表等。
- 2 野外调查数据，主要包括野外调查点、遥感解译点、勘查测绘点、取样点、物探、野外试验、监测数据等。
- 3 空间图形数据，主要包括遥感解译图、遥感解译数值与坐标，实际材料图、孕灾地质条件图，风险分布图、易发性分区图、风险评价图等数据。
- 4 成果相关数据，主要包括野外工作总结报告、项目成果报告、勘查报告、分析测试报告等相关附件、专题成果等。

## 9 成果验收与资料归档

### 9.1 成果验收

**9.1.1** 成果验收应依据项目任务书、工作方案、任务变更和工作调整批复意见书以及有关标准规范和要求进行。

**9.1.2** 成果验收时须提供下列技术文件：

- 1 项目任务书或合同。
- 2 项目工作方案。
- 3 文字报告、图件、附件等相关资料。
- 4 承担单位内部审查通过文件。

**9.1.3** 成果验收应包括以下内容：

- 1 审查报告的完整性、合理性、可靠性和实用性。
- 2 各项实际资料的综合整理与利用程度。
- 3 各项工作成果是否符合设计及本技术要求的规定。
- 4 文本、图件、附件与实际资料是否相符。
- 5 各种图件的内容、要素是否准确齐全。

**9.1.4** 成果验收后，项目承担单位须根据验收意见书及与会专家意见，在规定时间内对验收提出的各项问题进行修改及完善，验收专家对整改情况进行验证和认可后方可出具验收意见书。

### 9.2 资料归档

**9.2.1** 资料归档应符合国家涉密管理相关规定。

**9.2.2** 资料归档应提交成果报告、附图、附件、测绘与勘察资料、测试与试验成果等。

**9.2.3** 对已开展遥感调查工作的项目，应提交遥感解译点信息表、遥感解译报告、解译图、遥感数据、航卫片等。

## 附录 A 工作方案编写提纲

(资料性附录)

### 第一章 前言

#### 第一节 项目概况

【应简述项目来源、任务书编号或合同情况、工作起止时间，协助单位及分工。】

#### 第二节 目的任务

应简述项目的总体目标及任务分解。

#### 第三节 工作区范围和自然地理概况

【简述调查区地理位置、公路设施属性信息、坐标范围、自然地理、气象水文、交通情况等，附调查区交通位置图和工作范围图。】

#### 第四节 以往工作程度

一、公路边坡养护工作情况；二、自然资源部门县域地质灾害详查工作情况，总结以往的调查成果，甄别已有资料的可利用程度；三、地质灾害工作，对以往公路地质灾害调查评价、勘察、评估、治理等进行重点阐述，分析地质灾害工作主要成果和研究结论，结合项目需求，甄别已有资料的可利用程度，梳理需要的数据和有用的信息。

### 第二章 地质环境背景

#### 第一节 地形地貌

#### 第二节 地层岩性

#### 第三节 地质构造与地震

#### 第四节 水文地质特征

#### 第五节 工程地质条件

#### 第六节 人类工程活动

### 第三章 工作安排

#### 第一节 技术路线

【阐明实现总体目标任务或解决主要问题的技术路线，附技术路线图。】

#### 第二节 总体工作安排

【阐述公路沿段落、范围，以及相应的调查内容、调查手段、投入的主要实物工作量等。说明围绕本次调查拟解决的主要问题布设的针对性工作。】

#### 第三节 分阶段工作安排

【分阶段的的主要工作内容、工作量和工作进度等。】

### 第四章 现状风险特征

#### 第一节 地质灾害类型与危害性

【简述历史地质灾害发生情况，现状地质灾害类型、数量、规模、稳定性与危害性。】

#### 第二节 地质灾害发育分布规律

【简述地质灾害发育特征、空间分布特征与时间分布规律，防治现状等。】

#### 第三节 公路边坡基本特征

【简述公路边坡的病害基本情况与空间分布特征，防治现状。】

#### 第四节 地质灾害形成机理分析

### 第五章 工作方法与技术要求

### 第一节 工作方法及内容

【根据调查区孕灾地质水文条件和拟解决的问题选择主要采用的技术方法，并简述主要技术方法的工作内容、流程等，包括遥感解译（时序 InSAR 解译、机载 LiDAR 测量、无人机航测）、地质单元划分、地面调查（专项工程地质、环境地质、地质灾害测量，包括地质单元调查和地质灾害风险点调查）、工程测量、物探、勘探、综合研究、课题研究、图件编制等内容，工作方法应有针对性。】

### 第二节 技术要求

【对应第一节依次简述各工作方法及手段的技术要求。】

### 第三节 地质灾害风险评价

【风险性评价是在易发性评价基础上开展，应充分利用历史地质灾害数据，在分析总结公路全线地质灾害发育分布规律、孕灾机理、成灾模式等基础上，明确地质灾害形成的主控因子，确定各指标分级标准及分值，分灾种建立地质灾害易发性评价体系。明确地质灾害危险性、风险性评价方法。】

### 第四节 专题研究

【应充分利用已有资料，全面反映实地调查、遥感、测绘、钻探、物探、挖探、测试等取得的成果，包括降雨预警阈值研究方法、监测预警及防灾对策研究等。】

### 第五节 图件编制

【根据项目提交成果编制有关图件，明确图件编制内容、方法和版面样式。】

### 第六节 数据录入

## 第六章 保障措施

### 第一节 组织保障措施

【说明组织管理，列表说明项目分组人员组成，应包括姓名、年龄、技术职务、从事专业、分工及参加项目时间等内容。】

### 第二节 质量保障措施

【包括质量管理措施、技术保证措施。】

### 第三节 安全保障措施

【安全及劳动保护措施。】

## 第七章 经费预算

### 第一节 编制预算说明

【项目概况和编制预算说明】

### 第二节 编制预算依据

### 第三节 采用的预算标准与计算方法

【按地形测绘、地质测量、遥感地质、钻探、物探、挖探、岩矿试验、其他地质工作、承灾对象调查、课题研究等投入的工作手段逐项说明计算方法】

### 第四节 工程量表

### 第五节 预算结果

## 第八章 预期成果

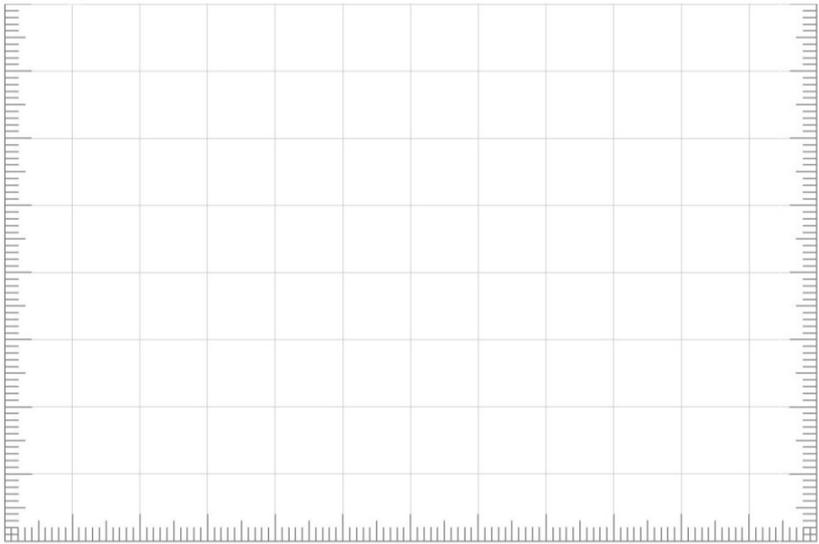
【应提交的报告、图件及其他附件等。】

## 附录 B 斜坡单元调查表

表 B.1 斜坡单元调查表

名称			编号		
路线名称		位置桩号	N: E:		
			与路线关系		
野外得分					
威胁公路 (段落)					
斜坡类型	<input type="checkbox"/> 土质斜坡 ( <input type="checkbox"/> 黏性土斜坡 <input type="checkbox"/> 碎石类斜坡) <input type="checkbox"/> 崩滑堆积体斜坡 <input type="checkbox"/> 岩土复合斜坡 <input type="checkbox"/> 岩质斜坡 ( <input type="checkbox"/> 顺向坡 <input type="checkbox"/> 逆向坡 <input type="checkbox"/> 斜向坡 <input type="checkbox"/> 横向坡 <input type="checkbox"/> 近水平层状坡 <input type="checkbox"/> 块状结构斜坡) <input type="checkbox"/> 斜坡单元类型 ( <input type="checkbox"/> 煤系地层类、 <input type="checkbox"/> 玄武岩类、 <input type="checkbox"/> 红层类、 <input type="checkbox"/> 岩溶类、 <input type="checkbox"/> 变质岩类 <input type="checkbox"/> 其他类)				
	斜坡坡向			斜坡坡度	
	岩体结构			斜坡面积	
产状	倾向 (°)	倾角 (°)	裂隙产状	倾向 (°)	倾角 (°)
岩层					
断层					
地质水文环境条件特征描述	主要包括地形地貌、地质构造、岩土体特征、斜坡结构等。				
	水文地质特征				

表 B.1 (续)

	<p>土地利用类型</p>
	<p>人类工程活动</p>
<p>全貌图 (可用远景照片或倾斜影像图反映斜坡)</p>	
<p>斜坡剖面图</p>	 <p>图例 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8</p>

记录:      校核:      项目负责:      填表日期:      年 月 日

## 附录 C 沟谷流域单元调查表

表 C.1 沟谷流域单元调查表

沟谷名称		沟谷编号							
路线名称		位置桩号		N:		E:			
				与路线关系					
威胁公路 (段落)									
地质水文环境条件	地形地貌	沟道型					坡面沟谷型		
		河沟纵坡降(°)	沟岸山坡坡度(°)	流域面积(km <sup>2</sup> )	流域相对高差(m)	沟槽型		坡度(°)	高差(m)
						<input type="checkbox"/> V、U型谷 <input type="checkbox"/> 拓宽U型谷 <input type="checkbox"/> 复式断面 <input type="checkbox"/> 平坦型			
	岩土体特征	松散物平均厚度(m)		岩性条件		地质灾害发育程度			
				<input type="checkbox"/> 软质岩 <input type="checkbox"/> 软硬相间 <input type="checkbox"/> 硬质岩		<input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较发育 <input type="checkbox"/> 发育			
	斜坡结构特征	支沟数量(条)		坡面侵蚀性		沟口泥石流堆积		流域植被覆盖率(%)	
				<input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较强烈 <input type="checkbox"/> 强烈		<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 有堆积 <input type="checkbox"/> 堆积扇			
	水文地质特征	地表水补给		<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 汇水盆地 <input type="checkbox"/> 湿地 <input type="checkbox"/> 水塘 <input type="checkbox"/> 泉点 <input type="checkbox"/> 水田					
	人类工程活动	改变流域内物源条件				改变水动力条件			
		<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 弃土场 <input type="checkbox"/> 渣场 <input type="checkbox"/> 切坡建房 <input type="checkbox"/> 新建公路 <input type="checkbox"/> 填土				<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 有地表水径流路径改变			
土地利用现状									
全貌图	全貌图(可用远景照片或倾斜影像图反映斜坡全貌)及特征描述(地形地貌(沟道型、坡面沟谷型)、地质构造、岩土体特征、斜坡结构、水文地质特征、人类工程活动等。)								

记录:      校核:      项目负责:      填表日期:      年 月 日

## 附录 D 地质灾害易发性打分表

表 D.1 斜坡单元分类表

斜坡单元分类	地层年代	岩性特征	分布区域	易发地质灾害类型
煤系地层	以二叠系上统龙潭组 (P <sub>2</sub> l)、吴家坪组 (P <sub>2</sub> w) 为主, 次为二叠系下统梁山组 (P <sub>1</sub> l)、三叠系下统飞仙关组 (P <sub>1</sub> f) 及石炭系上组 (C <sub>1</sub> s)	主要为粉砂岩、细砂岩、黑色泥岩、页岩、煤层, 遇水易软化、崩解, 强度低	集中于西部的盘县、水城、六枝和织金、纳雍、大方等县, 其次在黔北的桐梓、仁怀、习水、遵义与中部的贵阳-安顺一带和黔西南地区也有较多产出分布	崩塌、滑坡、地面塌陷
玄武岩	以峨眉山玄武岩组为主	巨厚层块状构造为主, 发育柱状节理, 部分地区见气孔状构造, 全风化后表层黏土化, 浅层岩体成块裂状、碎裂状, 深层 (弱风化带) 强度高, 属硬质岩	分布于大方-织金-清镇-关岭-兴仁一线以南、以西地区	崩塌、滑坡、泥石流
红层	以侏罗系和白垩系的地层为主, 贵州主要有嘉定组 (K <sub>1</sub> d)、蓬莱镇组 (J <sub>3</sub> p)、遂宁组 (J <sub>3</sub> s)、沙溪庙组 (J <sub>2</sub> sh)、自流井组 (J <sub>1-2</sub> z)	主要为软硬相间及软质岩组, 岩性多为石英砂岩、粉砂岩夹泥岩、泥岩, 易风化, 残坡层较厚	分布于黔北的赤水 and 习水	崩塌、滑坡
岩溶	主要发育于震旦系-三叠系, 其中以二叠系、三叠系碳酸盐岩分布最广、岩溶最发育	主要岩石类型: 石灰岩、白云岩为主, 次为白云质灰岩、灰质白云岩, 局部夹泥灰岩、页岩、粉砂岩夹层	分布于除黔东南部分区域外的绝大部分地区	地面塌陷
变质岩	主要有番召组 (Pt <sub>3</sub> <sup>ldf</sup> )、清水江组 (Pt <sub>3</sub> <sup>ldq</sup> )、平略组 (Pt <sub>3</sub> <sup>ldp</sup> )、隆里组 (Pt <sub>3</sub> <sup>ldl</sup> )、南沱组 (Pt <sub>3</sub> <sup>2cn</sup> )	以浅变质岩为主, 主要岩性为板岩、变余砂岩、变余凝灰岩、页岩等, 此类岩层易风化, 常形成较厚的残坡积层或崩积物	分布于黔东南州以及黔南、铜仁的部分地区	滑坡

表 D.2 煤系地层类斜坡单元地质灾害易发性打分表

斜坡单元名称		斜坡单元编号					
路线名称		起止点经纬度		E:	N:		
路线编号		技术等级					
起止点桩号		管养单位名称					
斜坡与路线关系							
序号	一级	二级分类指标	评价指标			打分	说明
	分类		权重	指标分类	赋值		
1	地形地貌	坡度 (°)	10	<15	5	野外调查确定	
				15~25	10		
				25~40	20		
				>40	15		
2		高差 (m)	5	<20	1		
				20~50	2		
				50~100	3		
				100~300	4		
				>300	5		
3		坡形	5	阶梯状坡 (含采矿残留平台)	5		
				凸形	5		
				凹形、折线	3		
	直线坡			1			
4	岩土体工程地质特征	岩性组合关系	25	坚硬岩为主 (含少量泥岩)	5	钻探结合探地雷达, 分层取芯分析岩性 (砂岩、泥岩、煤线) 及软弱夹层 (煤线、泥化层) 层数。	
				砂泥岩互层	15		
				泥岩+煤线 (<2层)	20		
				泥岩+煤线 (≥2层)	25		
6	地质构造	斜坡与构造 (断层线和褶皱轴线) 距离 L 关系 (m)	5	构造线横穿坡体	5	收集以往不同比例尺区域地质构造图, 结合遥感解译、野外调查确定。	
				0m<L<100m	4		
				100m<L<200m	3		
				200m<L<500m	2		
				远离坡体 (L>500)	1		
7	斜坡结构特征	岩质斜坡结构	15	斜坡结构类型	顺向坡	15	二组中, 选择一组进行打分, 按就高不就低原则, 野外调查确定。
					斜向坡	9	
					横向坡	6	
					逆向坡	3	
					近水平层状坡	6	
8				岩体结构类型	整体块状结构斜坡	3	
					破碎结构 (结构面间距 < 20cm)	15	
					较破碎结构 (20cm<结构面间距 < 40cm)	12	

				较完整结构（结构面间距>40cm）	6		
9	水文地质特征	地下水埋藏深浅	10	地下水埋藏较浅，地表出露泉点较多；	10		潜在破坏为崩塌时，本项10分。潜在破坏为滑坡时考虑地下水埋深。下伏基岩不透水时，土质坡不能仅看现状水位，应倾向认为地下水埋藏浅。
				地下水位于滑床以上，只在斜坡前缘偶见泉点出露；	8		
				地下水埋藏较深或位于滑床以下	2		
10	人类工程活动	采矿活动强度	10	无采矿	2		露井联采会导致斜坡应力重分布，诱发采动滑坡。
				历史地下采（停采 > 10 年）	8		
				现役地下采（浅部 < 300m）	10		
				露井联采（含露天坑）	10		
		其他工程活动	10	一般	2		除评价公路以外的其他工程活动。
				较强烈	8		
强烈	10						
11	土地利用现状	土地利用类型	5	水田	1		野外调查确定。
				林地	2		
				荒地	4		
				旱地	5		
易发性得分							
易发性等级：	极高（80~100）	高（60~79）	中（45~59）	低（<45）			
进一步可能发生的灾害类型		<input type="checkbox"/> 滑坡 <input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 泥石流 <input type="checkbox"/> 灾害链					

填表人：            校核：            项目负责：            填表日期：    年 月 日            调查单位：

表 D.3 玄武岩类斜坡单元地质灾害易发性打分表

斜坡单元名称		斜坡单元编号						
路线名称		起止点经纬度		E:	N:			
路线编号		技术等级						
起止点桩号		管养单位名称						
斜坡与路线关系								
序号	一级指标	二级指标	评价指标			分值	说明	
			权重	指标分类	值域			
1	地形地貌	坡度 (°)	20	≥40	10			
				25~40	20			
				20~25	15			
				15~20	10			
2		玄武岩与坡脚高差 (m)	5	>300	5			
				100~300	4			
				50~100	3			
				20~50	2			
3		坡形	5	陡崖	10			
				凸形	8			
	凹形、折线			5				
	直线坡			3				
4	岩土工程地质特征	岩体结构面间距	15	散体 (<20cm)	15		岩质类选前四项项, 土质类选择后三项	
				破碎 (20cm~40cm)	12			
				较破碎 (40cm~60cm)	8			
				较完整 (>60cm)	5			
		破碎~散体状、第四系堆积厚度		≥6m	10			
				3~6m	15			
5	水文地质特征	外围地表水汇流	15	汇流 (冲沟) 穿过玄武岩体	15		玄武岩范围内	
				汇流 (冲沟) 紧邻玄武岩	10		玄武岩边界附近	
				汇流 (冲沟) 绕行玄武岩	5		距离边界 2~5m	
				未受地表水影响	0		距离边界 >5m	
		地下水补、径、排特征		位于地下水排泄区	15			周边碳酸盐岩和玄武接触带的岩溶地下水泉点出露情况
				位于地下水径流区	10			
6	土地利用现状	土地利用类型	5	乔木林	5		特指危险源范围	
				果园	3			
				其他	1			
7	人类工程活动	原始斜坡破坏程度	15	导致控制性结构面暴露	10			
				未暴露	5			
				导致地表水汇集冲刷坡体、地下水径流改变, 并直接影响斜坡稳定性	15			
				无工程活动影响	0			
特殊判别项	岩体结构	100	存在多期次喷发旋回接触面暴露及地表 (下) 水影响	80~100		出现该条件直接判定为极高易发		
易发性得分								
斜坡单元易发性等级:		极高 (80~100)	高 (60~80)	中 (45~60)	低 (<45)			
进一步可能发生的灾害类型		<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 滑坡 <input type="checkbox"/> 泥石流 <input type="checkbox"/> 灾害链						

填表人:                      校核:                      项目负责人:                      填表日期:    年 月 日                      调查单位:

表 D.4 红层地区斜坡单元地质灾害易发性打分表

斜坡单元名称		斜坡单元编号		E:		N:			
路线名称		起止点经纬度		E:		N:			
路线编号		技术等级							
起止点桩号		管养单位名称							
斜坡与路线关系									
序号	一级分类	二级分类指标	评价指标			打分		说明	
			权重	指标分类		赋值			
1	地形地貌	坡度 (°)	15	<15		5	野外调查确定。		
				15-24		10			
				25-34		15			
				35-69		10			
				≥70		15			
2	坡形 (纵剖面)	5	凸形		5				
			直线		4				
			阶梯		3				
			凹形		2				
	坡形 (横剖面)	5	直线		1				
凸形			3						
3	岩土体工程地质特征	覆盖层厚度 (m)	20	<3		5	土坡按覆盖层厚度打分, 岩质坡按岩性与岩体结构打分。岩质坡就高不就低, 岩性组合关系、岩体结构面组合关系仅选取一项。滑坡优先考虑层面等控制性结构面是否顺向临空, 崩塌优先考虑结构面组合交线是否顺向临空。结构面组合交线应结合赤平投影分析。		
				3~6		20			
				7~10		15			
4	岩性与岩体结构		20	岩性组合关系	岩石较坚硬~坚硬、结构较完整~完整			5	
					软硬互层			20	
5	斜坡结构	土质斜坡结构	15	土质斜坡	粘性土类斜坡		5		
					碎石土类斜坡		10		
6	岩质斜坡结构		15	斜坡结构类型	顺向坡		15		
					斜向坡		10		
					横向坡				
					逆向坡				
					近水平层状坡		5		
7	水文地质特征	地下水埋藏深浅	20	地下水埋藏较浅, 地表出露泉点较多; 灰岩夹层岩溶水丰富; 单元内有地表水集中径流补给, 后侧有带状渗水。		20	潜在破坏为崩塌时, 本项 10 分。潜在破坏为滑坡时考虑地下水埋深。下伏基岩不透水时, 土质坡不能仅看现状水位, 应倾向认为地下水埋藏浅。		
				只在斜坡体见泉点出露; 陡崖面有季节性地表水汇流		10			
				地下水埋藏较深或位于滑床以下; 陡崖面无地表水汇流		5			
8	人类工程活动	原始斜坡破坏程度	20	一般、对地质环境的影响、破坏小		5	除评价公路以外的其他工程活动。		
				较强烈、对地质环境的影响、破坏较严重		15			
				强烈、对地质环境的影响、破坏严重		20			
易发性得分									
斜坡单元易发性等级:		极高 (80~100)		高 (60~79)		中 (45~59)		低 (<45)	
进一步可能发生的灾害类型			<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 滑坡 <input type="checkbox"/> 泥石流 <input type="checkbox"/> 灾害链						

填表人:                      校核:                      项目负责:                      填表日期:    年 月 日    调查单位:

表 D.5 岩溶地区斜坡单元易发性评判标准

斜坡单元名称		斜坡单元编号						
路线名称		起止点经纬度		E:	N:			
路线编号		技术等级						
起止点桩号		管养单位名称						
斜坡与路线关系								
序号	一级	二级分类指标	权重	评价指标		打分	说明	
	分类			指标分类	赋值			
1	地形地貌	坡度 (°)	20	<15	5	野外调查确定。		
				15~35	15			
				35~65	10			
				>65	20			
2		高差 (m)	5	<20	2			
				20~50	3			
				50~100	4			
				>100	5			
3		坡形	15	凸形	15			
				直线坡	5			
				折线	10			
				凹形	10			
4	覆盖层厚度 (m)	15	<3	5	土坡按覆盖层厚度打分，岩质坡按岩性与岩体结构打分。岩质坡就高不就低，岩性组合关系、岩体结构面组合关系仅选取一项。滑坡优先考虑层面等控制性结构面是否顺向临空，崩塌优先考虑结构面组合交线是否顺向临空。结构面组合交线应结合赤平投影分析。			
			3~6	10				
			>6	15				
5	岩性工程地质特征	岩性与岩体结构	岩性组合关系	岩石较坚硬~坚硬、结构较完整~完整		5		
				软硬互层		10		
				上硬下软岩性组合、软岩		15		
			岩体结构面组合关系	层面等控制性结构面顺向临空		15		
				层面等控制性结构面顺向不临空		5		
				结构面组合交线顺向临空		10		
6	斜坡结构特征	土质斜坡结构	覆盖层	粘性土类斜坡		5	三组中，选择一组进行打分，按就高不就低原则，野外调查确定。	
				碎石土类斜坡		10		
				崩滑堆积体型		15		
7		岩质斜坡结构	15	斜坡结构类型	顺向坡	15		
					斜向坡	10		
					横向坡			
					逆向坡			
				岩体结构类型	近水平层状坡	5		
					整体块状结构斜坡	5		
8		水文地质特征	地下水埋藏深浅	10	地下水埋藏较浅，地表出露泉点较多；渠塘渗漏。	10		潜在破坏为崩塌时，本项目10分。潜在破坏为滑坡时考虑地下水埋深。下伏基岩不透水时，土质坡不能仅看现状水位，应倾向认为地下水埋藏浅。
					地下水位于滑床以上，只在斜坡前缘偶见泉点出露；坡脚冲刷、坡脚浸润。	6		
					地下水埋藏较深或位于滑床以下	3		
9	人类工程活动	原始斜坡破坏程度	15	一般	5	存在采矿、修建公路、高填深挖等情形，均为强烈。		
				较强烈	10			
				强烈	10			
10	土地利用现状	土地利用类型	5	水田	5	野外调查确定。		
				旱地	4			
				林地	3			
				荒地	1			
易发性得分								
斜坡单元易发性等级:		极高 (80~100)	高 (60~79)	中 (45~59)	低 (<45)			
进一步可能发生的灾害类型		<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 滑坡 <input type="checkbox"/> 泥石流 <input type="checkbox"/> 灾害链						

填表人:                      校核:                      项目负责:                      填表日期:    年 月 日                      调查单位:

表 D.6 变质岩地区斜坡单元地质灾害易发性打分表

斜坡单元名称		斜坡单元编号		E:		N:		
路线名称		起止点经纬度		E:		N:		
路线编号		技术等级						
起止点桩号		管养单位名称						
斜坡与路线位置关系								
序号	一级指标	二级指标	权重	评价指标		打分	说明	
				三级指标	赋值			
1	地形地貌	坡度(°)	15	>45°	15		根据具有孕灾条件的斜坡区段, 结合野外调查微地貌确定。结合有利于滑坡发育情况综合确定赋值分数。	
				25°~45°	13			
				15°~24°	10			
				<15°	5			
2		高差(m)	7		>100m	7		根据 1:10000 地形图结合野外调查确定。
					50~100m	6		
					20~50m	5		
					10-20m	3		
3		坡形	5		<10m	1		根据 1:10000 地形图结合野外调查确定。
					凸形	5		
	凹形、折线				4			
4	岩土体工程地质特征	覆盖层厚度(m)	8	直线坡	3		野外露头调查确定。	
				>3m	8			
				1.5~3m	6			
5		强风化层厚度(m)	10		<1.5m	4		野外露头调查确定。
					>3m	10		
					1.5~3m	7		
6	斜坡结构	斜坡结构特征	5	逆向坡	1		野外露头调查确定。	
				顺向坡	5			
				顺切向坡	4			
				横向坡、逆斜向坡、近水平层状坡	3			
7		结构面发育特征	10		有控制作用的外倾结构面, 且岩体切割成楔形体	10		野外露头调查确定。
					有控制作用的外倾结构面, 岩体节理发育, 未切割形成楔形体	6		
					无控制作用的外倾结构面, 但节理发育	3		
8		水文地质特征	地表水发育情况	5	汇流穿过斜坡单元体	5		野外调查、询问当地百姓确定。
					汇流紧邻斜坡单元体	3		
					汇流绕行斜坡单元体	1		
	地下水出露情况		10	坡体范围有泉点出露	10			
				坡体范围未见泉点, 但存在坡面带状渗水	7			
		坡体范围未见泉点, 未见坡面带状渗水	4					
9	人类工程活动	原始斜坡破坏程度	20	强烈	20		除评价公路以外的其他工程活动。	
				较强烈	15			
				一般	10			
10	土地利用现状	土地利用类型	5	水田	5		野外调查确定。	
				旱地	3			
				其他	1			
易发性得分								
斜坡单元易发性等级		极高(80~100)		高(60~79)		中(45~59)		
						低(<45)		
进一步可能发生的灾害类型				<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 滑坡 <input type="checkbox"/> 泥石流 <input type="checkbox"/> 灾害链				

填表人:                      校核:                      项目负责:                      填表日期:    年 月 日                      调查单位:

表 D.7 其他类斜坡单元地质灾害易发性打分表

斜坡单元名称		斜坡单元编号		起止点经纬度		E:	N:
路线名称		路线编号		技术等级		管养单位名称	
路线编号		管养单位名称		斜坡与路线关系			
序号	一级分类	二级分类指标	权重	评价指标	赋值	打分	说明
				指标分类			
1		坡度(°)	20	<15	5		根据 1:10000 或 1:50000 地形图结合野外调查确定。
				15~25	10		
				25~40	20		
				>40	15		
2	地形地貌	高差(m)	5	<20	1		根据 1:10000 或 1:50000 地形图结合野外调查确定。
				20~50	2		
				50~100	3		
				100~300	4		
3		坡形	5	陡崖	5		陡崖只针对存在崩塌的斜坡, 野外调查确定。
				凸形	5		
				凹形、折线	3		
				直线坡	1		
4		覆盖层厚度(m)	15	<3	3		土坡按覆盖层厚度打分, 岩质坡按岩性与岩体结构打分。 岩质坡就高不就低, 岩性组合关系、岩体结构面组合关系仅选取一项。滑坡优先考虑层面等控制性结构面是否顺向临空, 崩塌优先考虑结构面组合交线是否顺向临空。结构面组合交线应结合赤平投影分析。
				3~5	9		
				5~8	15		
				8~15	12		
				15~25	9		
				>25	6		
5	岩土体工程地质特征	岩性与岩体结构	15	岩性组合关系	岩石较坚硬~坚硬、结构较完整~完整	3	
					软硬互层	12	
				岩体结构面组合关系	层面等控制性结构面顺向临空	15	
					层面等控制性结构面顺向不临空	6	
6	地质构造	斜坡与构造(断层线和褶皱轴线)距离 L 关系(m)	5	构造线横穿坡体	5		收集以往不同比例尺区域地质构造图, 结合遥感解译、野外调查确定。
				0m<L<100m	4		
				100m<L<200m	3		
				200m<L<500m	2		
				远离坡体 (L>500)	1		

表 D.7 (续)

7	斜坡结构特征	土质斜坡结构	15	黏性土类斜坡	9	三组中，选择一组进行打分，按就高不就低原则，野外调查确定。	
				碎石土类斜坡	15		
				杂填土斜坡	12		
8		岩质斜坡结构		15	顺向坡		15
					斜向坡		9
					横向坡		6
					逆向坡		3
					近水平层状坡		6
					整体块状结构斜坡		3
					破碎结构（结构面间距<20cm）		15
					较破碎结构（20cm<结构面间距<40cm）		12
					较完整结构（结构面间距>40cm）		6
9	水文地质特征	地表水	3	汇水面积（km <sup>2</sup> ）	>1	3	潜在破坏为崩塌时，本项10分。潜在破坏为滑坡时考虑地下水埋深。下伏基岩不透水时，土质坡不能仅看现状水位，应倾向认为地下水埋藏浅。
					0.1~1	2	
					<0.1	1	
		地下水埋藏深浅	7	地下水埋藏较浅，地表出露泉点较多；	8		
				地下水位于滑床以上，只在斜坡前缘偶见泉点出露；	4		
				地下水埋藏较深或位于滑床以下	2		
10	人类工程活动	原始斜坡破坏程度	20	一般	5	除评价公路以外的其他工程活动。	
				较强烈	15		
				强烈	20		
11	土地利用现状	土地利用类型	5	水田	1	野外调查确定。	
				林地	2		
				荒地	4		
				旱地	5		
易发性得分							
斜坡单元易发性等级：	极高（80~100）	高（60~79）	中（45~59）	低（<45）			
进一步可能发生的灾害类型	滑坡	崩塌	<input type="checkbox"/> 泥石流	灾害链			

填表人： 校核： 项目负责人： 填表日期： 年 月 日 调查单位：

表 D.8 沟谷流域单元易发性打分表

斜坡单元名称				斜坡单元编号				
路线名称				起止点经纬度		E:	N:	
路线编号				技术等级				
起止点桩号				管养单位名称				
斜坡与路线关系								
序号	一级	二级分类指标		评价指标		打分		说明
	分类			权重	指标分类	赋值		
1	地形地貌	沟道型	河沟纵坡降 (°)	5	>15°	5		根据沟谷单元潜在破坏模式选择沟道和坡面沟谷两项进行打分, 不得重复打分
					15°~10°	4		
					10°~5°	3		
					<5°	1		
2			沟岸山坡坡度 (°)	5	>35°	5		
					35°~25°	4		
					25°~15°	3		
					<15°	1		
3			流域面积 (km <sup>2</sup> )	5	>1	5		
					0.2~1	3		
					<0.2	1		
4			流域相对高差 (m)	5	>300	5		
					300~150	4		
					150~50	3		
					<50	2		
5			沟槽横断面	5	V型谷、U型谷	5		
	拓宽U型谷	4						
	复式断面	3						
	平坦型	1						
6	坡面沟谷型	坡度	15	>45	15			
				25~45	10			
				15~25	5			
				<15	3			
7		高差 (m)	10	>200	10			
				100~200	7			
				50~100	4			
				<50	1			
8	岩土工程地质特征 (物源区)	松散物平均厚度 (m)	10	>3	10		野外调查确定	
				1-3	7			
				<1	3			
9		岩性条件	5	软岩	5		野外调查确定	

				软硬相间	3					
				硬岩	1					
10		地质灾害	10	发育	10		①滑坡、崩塌堆积体②地质灾害风险点及斜坡单元风险③滑坡、崩塌现象。			
				较发育	5					
				一般	1					
11	斜坡结构特征 (沟谷区)	支沟数量	5	2条以上	5		潜在坡面沟谷该项为5分			
						2条		4		
						1条		3		
						无		2		
12			坡面侵蚀性	5	强烈	5		野外调查确定		
							较强烈		3	
							一般		1	
13			沟口泥石流堆积	5	具有明显堆积扇	10				
							具有堆积物		5	
							无		1	
14			流域植被覆盖率(%)	5	<10	5				
							30~60		3	
							>60		1	
15		水文地质特征	地表水补给	20	强烈	20~15			形成区存在①汇水盆地②湿地③水塘、水渠④泉点⑤水田。以上1项视为较强烈,存在2项及以上为强烈,当无上述现象时,应根据走访调查降雨期间的沟道流量结合经验打分	
						较强烈	15~5			
						一般	5~1			
16	人类工程活动	改变流域内物源条件及水动力条件等	10	存在	10		是否存在弃土场、渣场、切坡建房、修路产生的堆渣、填土等及工程活动对地表水径流路径的改变等			
						不存在			0	
易发性得分										
易发性等级		极高(80~100)	高(60~79)	中(45~59)	低(<45)					
进一步可能发生的灾害类型		<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 滑坡 <input type="checkbox"/> 泥石流 <input type="checkbox"/> 灾害链								

填表人:                      校核:                      项目负责:                      填表日期:    年 月 日                      调查单位:

# 附录 E 地质灾害调查表

## 表 E.1 滑坡调查记录表

灾害名称						灾害编号						
路线名称						路线编号						
起点坐标	E:	起点桩号				技术等级						
	N:											
止点坐标	E:	止点桩号				管养单位						
	N:											
灾害历史特征		是否发生灾害		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否								
		灾害最近发生时间		年 月 日		发生频率	近十年发生的次数:					
		断通状况		<input type="checkbox"/> 交通中断 <input type="checkbox"/> 半幅通行 <input type="checkbox"/> 双向通行								
		危害对象		<input type="checkbox"/> 桥梁 <input type="checkbox"/> 隧道洞口 <input type="checkbox"/> 路基 <input type="checkbox"/> 涵洞 <input type="checkbox"/> 服务区 <input type="checkbox"/> 停车区 <input type="checkbox"/> 收费站 <input type="checkbox"/> 其它								
		危害程度		<input type="checkbox"/> 严重 <input type="checkbox"/> 较严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微								
		灾害处治情况		<input type="checkbox"/> 已处治修复 <input type="checkbox"/> 未处治修复 <input type="checkbox"/> 正在处治修复								
滑坡类型		滑动特征		<input type="checkbox"/> 推移式 <input type="checkbox"/> 牵引式 <input type="checkbox"/> 混合式		发生时间		<input type="checkbox"/> 古滑坡 <input type="checkbox"/> 老滑坡 <input type="checkbox"/> 新滑坡				
地质环境条件	原始斜坡	坡高/m	坡度/°	坡向/°	结构类型		岩土构成		微地貌			
					<input type="checkbox"/> 顺向坡 <input type="checkbox"/> 逆向坡 <input type="checkbox"/> 切向坡 <input type="checkbox"/> 直立坡	<input type="checkbox"/> 土质 <input type="checkbox"/> 岩质 <input type="checkbox"/> 土石混合	<input type="checkbox"/> 陡崖 <input type="checkbox"/> 陡坡 <input type="checkbox"/> 缓坡 <input type="checkbox"/> 平台					
	自然环境	降水量/mm			水文条件							
		年均	日最大	时最大	地表水类型		洪水位	枯水位	滑坡相对河流位置			
					<input type="checkbox"/> 河流 <input type="checkbox"/> 季节性水沟 <input type="checkbox"/> 常年流水沟 <input type="checkbox"/> 其他:				<input type="checkbox"/> 左 <input type="checkbox"/> 右 <input type="checkbox"/> 凹 <input type="checkbox"/> 凸			
	地质环境	地层岩性			地质构造与地震			地下水类型				
时代		岩性	产状	构造部位		地震烈度	<input type="checkbox"/> 孔隙水 <input type="checkbox"/> 裂隙水 <input type="checkbox"/> 承压水 <input type="checkbox"/> 岩溶水 <input type="checkbox"/> 潜水 <input type="checkbox"/> 上层滞水					
滑坡体基本特征	形态特征	前缘高程/m	后缘高程/m	长度/m	宽度/m	厚度/m	面积/m <sup>2</sup>	体积/m <sup>3</sup>	坡度/°	坡向/°		
		规模等级			平面形态			剖面形态				
		<input type="checkbox"/> 巨型 <input type="checkbox"/> 大型 <input type="checkbox"/> 中型 <input type="checkbox"/> 小型			<input type="checkbox"/> 半圆形 <input type="checkbox"/> 矩形 <input type="checkbox"/> 舌形 <input type="checkbox"/> 不规则形			<input type="checkbox"/> 凸形 <input type="checkbox"/> 凹形 <input type="checkbox"/> 直线形 <input type="checkbox"/> 阶梯形 <input type="checkbox"/> 复合				
	滑体特征					滑床特征						
	岩性	结构	碎石含量	块度/cm	时代	岩性	产状	产状与坡向关系				
	<input type="checkbox"/> 可辨层次 <input type="checkbox"/> 零乱		<input type="checkbox"/> ≤5 <input type="checkbox"/> 5~10 <input type="checkbox"/> 10~50 <input type="checkbox"/> >50			∠	<input type="checkbox"/> 顺向坡 <input type="checkbox"/> 逆向坡 <input type="checkbox"/> 切向坡 <input type="checkbox"/> 直立坡					
滑面及滑带特征												
形态			倾向(°)	倾角(°)	厚度/m	滑面性质						
<input type="checkbox"/> 线形 <input type="checkbox"/> 弧形 <input type="checkbox"/> 阶形 <input type="checkbox"/> 起伏						<input type="checkbox"/> 层理面 <input type="checkbox"/> 老滑面 <input type="checkbox"/> 软弱夹层面 <input type="checkbox"/> 基覆界面 <input type="checkbox"/> 土体内部 <input type="checkbox"/> 其他:						

地下水	露头	<input type="checkbox"/> 上升泉 <input type="checkbox"/> 下降泉 <input type="checkbox"/> 湿地	
	补给类型	<input type="checkbox"/> 降水 <input type="checkbox"/> 地表水 <input type="checkbox"/> 人工 <input type="checkbox"/> 融雪	
变形特征	裂缝	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无	
		位置	<input type="checkbox"/> 坡顶 <input type="checkbox"/> 坡中 <input type="checkbox"/> 坡脚 <input type="checkbox"/> 路基 <input type="checkbox"/> 其他
	结构物破损	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无	
		排水	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 截水沟 <input type="checkbox"/> 边沟 <input type="checkbox"/> 排水沟 <input type="checkbox"/> 跌水与急流槽 <input type="checkbox"/> 其他
		坡面防	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 植物防护 <input type="checkbox"/> 骨架防护 <input type="checkbox"/> 挂网喷护 <input type="checkbox"/> 片石护坡 <input type="checkbox"/> 护面墙 <input type="checkbox"/> 其他
		沿河防护	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 植物防护 <input type="checkbox"/> 砌石或混凝土护坡 <input type="checkbox"/> 石笼防护 <input type="checkbox"/> 浸水挡墙 <input type="checkbox"/> 护坦 <input type="checkbox"/> 抛石 <input type="checkbox"/> 排桩 <input type="checkbox"/> 丁坝、顺坝 <input type="checkbox"/> 其他
		支挡设施	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 挡墙 <input type="checkbox"/> 框架锚(杆)索 <input type="checkbox"/> 抗滑桩 <input type="checkbox"/> 其他
		桥梁	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 桥面系 <input type="checkbox"/> 支座 <input type="checkbox"/> 上部承重结构 <input type="checkbox"/> 桥墩、桥台基础 <input type="checkbox"/> 其他
		隧道	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 洞口 <input type="checkbox"/> 边坡 <input type="checkbox"/> 仰坡 <input type="checkbox"/> 洞身 <input type="checkbox"/> 仰拱 <input type="checkbox"/> 顶拱 <input type="checkbox"/> 边墙 <input type="checkbox"/> 其他
	其他变形		
特征描述			
变形阶段	<input type="checkbox"/> 蠕变阶段 <input type="checkbox"/> 加速变形阶段 <input type="checkbox"/> 破坏阶段 <input type="checkbox"/> 休止阶段 <input type="checkbox"/> 其他:		
发育程度	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 严重		
诱发因素	自然因素	<input type="checkbox"/> 降雨 <input type="checkbox"/> 洪水冲蚀 <input type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 崩塌加载 <input type="checkbox"/> 水位陡降陡落 <input type="checkbox"/> 冻融 <input type="checkbox"/> 其他:	
	人为因素	<input type="checkbox"/> 坡脚开挖 <input type="checkbox"/> 堆填加载 <input type="checkbox"/> 蓄水位变化 <input type="checkbox"/> 爆破振动 <input type="checkbox"/> 矿山开采 <input type="checkbox"/> 其他:	
现状稳定性	<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定 <input type="checkbox"/> 不稳定		
发展趋势预测	稳定性发展趋势	潜在变形特征	
	<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定	<input type="checkbox"/> 蠕变 <input type="checkbox"/> 加速变形 <input type="checkbox"/> 破坏 <input type="checkbox"/> 休止 <input type="checkbox"/> 其他:	
处置建议	<input type="checkbox"/> 日常养护 <input type="checkbox"/> 加强养护 <input type="checkbox"/> 专业监测 <input type="checkbox"/> 应急处置 <input type="checkbox"/> 专项养护 <input type="checkbox"/> 其他:		
滑坡示意图	平面图或全貌照片(反映滑坡基本特征及范围、与危害对象关系),剖面图或局部照片包括滑坡结构、破损设施、裂缝特征等)		

调查人:

审核人:

填表日期: 年 月 日

表 E.2 崩塌（危岩体）调查记录表

灾害名称						灾害编号				
路线名称						路线编号				
起点坐标	E:	起点桩号			技术等级					
	N:									
止点坐标	E:	止点桩号			管养单位					
	N:									
灾害历史特征		是否发生灾害		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否						
		灾害最近发生时间		年 月 日	发生频率	近十年发生的次数:				
		断通状况		<input type="checkbox"/> 交通中断 <input type="checkbox"/> 半幅通行 <input type="checkbox"/> 双向通行						
		危害对象		<input type="checkbox"/> 桥梁 <input type="checkbox"/> 隧道洞口 <input type="checkbox"/> 路基 <input type="checkbox"/> 涵洞 <input type="checkbox"/> 服务区 <input type="checkbox"/> 停车区 <input type="checkbox"/> 收费站 <input type="checkbox"/> 其它						
		危害程度		<input type="checkbox"/> 严重 <input type="checkbox"/> 较严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微						
		灾害处治情况		<input type="checkbox"/> 已处治修复 <input type="checkbox"/> 未处治修复 <input type="checkbox"/> 正在处治修复						
崩塌类型		<input type="checkbox"/> 倾倒式 <input type="checkbox"/> 滑移式 <input type="checkbox"/> 坠落式 <input type="checkbox"/> 复合型								
地质环境条件	斜坡	坡高/m	坡度/°	坡向/°	结构类型	岩土构成	微地貌			
					<input type="checkbox"/> 顺向坡 <input type="checkbox"/> 逆向坡 <input type="checkbox"/> 切向坡 <input type="checkbox"/> 直立坡	<input type="checkbox"/> 土质 <input type="checkbox"/> 岩质 <input type="checkbox"/> 土石混合	<input type="checkbox"/> 陡崖 <input type="checkbox"/> 陡坡 <input type="checkbox"/> 缓坡 <input type="checkbox"/> 平台			
	自然环境	降水量/mm			水文条件					
		年均	日最大	时最大	地表水类型	洪水位/m	枯水位/m	斜坡相对河流位置		
					<input type="checkbox"/> 河流 <input type="checkbox"/> 季节性水沟 <input type="checkbox"/> 常年流水沟 <input type="checkbox"/> 其他:			<input type="checkbox"/> 左 <input type="checkbox"/> 右 <input type="checkbox"/> 凹 <input type="checkbox"/> 凸		
	地质环境	地层岩性			地质构造与地震		地下水类型			
时代		岩性	产状	构造部位	地震烈度	<input type="checkbox"/> 孔隙水 <input type="checkbox"/> 潜水 <input type="checkbox"/> 裂隙水 <input type="checkbox"/> 承压水 <input type="checkbox"/> 岩溶水 <input type="checkbox"/> 上层带水				
危岩体	形态特征	分布高程(m)		长度/m	高度/m	厚度/m	面积/m <sup>2</sup>	体积/m <sup>3</sup>	单体数量/个	
		顶:	底:							
		规模等级	<input type="checkbox"/> 巨型 <input type="checkbox"/> 大型 <input type="checkbox"/> 中型 <input type="checkbox"/> 小型			坡面形态	<input type="checkbox"/> 凸形 <input type="checkbox"/> 凹形 <input type="checkbox"/> 直线 <input type="checkbox"/> 阶梯			
	结构特征	岩体结构	<input type="checkbox"/> 整体块状 <input type="checkbox"/> 块裂 <input type="checkbox"/> 碎裂 <input type="checkbox"/> 散体 <input type="checkbox"/> 其他:							
		结构面类型	<input type="checkbox"/> 层理面 <input type="checkbox"/> 片理或劈理面 <input type="checkbox"/> 节理裂隙面 <input type="checkbox"/> 断面 <input type="checkbox"/> 覆盖层与基岩接触面 <input type="checkbox"/> 层内错动带 <input type="checkbox"/> 构造错动带			主要结构面产状及特征描述	J1: J2: J3: J4:			
		特殊结构	卸荷裂隙		凹腔		软弱夹层		下伏采空区	
<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无			<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无			
变形特征	序号	发生时间	规模	特征描述						
	1									
	2									
	3									
	4									
诱发因素	自然因素	<input type="checkbox"/> 降雨 <input type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 冻融 <input type="checkbox"/> 根劈作用 <input type="checkbox"/> 其他:								

	人为因素	<input type="checkbox"/> 坡脚开挖 <input type="checkbox"/> 爆破振动 <input type="checkbox"/> 矿山开采 <input type="checkbox"/> 其他:								
	现状稳定性评价	<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定 <input type="checkbox"/> 不稳定								
发展趋势预测	稳定性发展趋势				潜在变形特征					
	<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定				<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 落石 <input type="checkbox"/> 碎落 <input type="checkbox"/> 其他:					
堆积体	空间分布特征									
	长度/m	宽度/m	高度/m	面积/m <sup>2</sup>	体积/m <sup>3</sup>	坡度/°	坡向/°	最远落石距离	坡面形态	
									<input type="checkbox"/> 凸形 <input type="checkbox"/> 凹形 <input type="checkbox"/> 直线 <input type="checkbox"/> 阶梯	
	物质组成				块径(m)	最大:	架空现象	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无	变形迹象	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无
						一般:				
	可能失稳因素	自然因素	<input type="checkbox"/> 降雨 <input type="checkbox"/> 洪水冲蚀 <input type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 崩塌加载 <input type="checkbox"/> 水位陡降陡落 <input type="checkbox"/> 冻融 <input type="checkbox"/> 其他:							
		人为因素	<input type="checkbox"/> 坡脚开挖 <input type="checkbox"/> 堆填加载 <input type="checkbox"/> 蓄水位变化 <input type="checkbox"/> 爆破振动 <input type="checkbox"/> 矿山开采 <input type="checkbox"/> 其他:							
		现状稳定性评价	<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定 <input type="checkbox"/> 不稳定							
	发展趋势预测	稳定性发展趋势				潜在变形特征				
		<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定 <input type="checkbox"/> 不稳定				<input type="checkbox"/> 蠕变 <input type="checkbox"/> 加速变形 <input type="checkbox"/> 破坏 <input type="checkbox"/> 休止 <input type="checkbox"/> 其他:				
结构物破损情况	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无									
	排水	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 截水沟 <input type="checkbox"/> 边沟 <input type="checkbox"/> 排水沟 <input type="checkbox"/> 跌水与急流槽 <input type="checkbox"/> 其他								
	坡面防	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 植物防护 <input type="checkbox"/> 骨架防护 <input type="checkbox"/> 挂网喷护 <input type="checkbox"/> 片石护坡 <input type="checkbox"/> 护面墙 <input type="checkbox"/> 其他								
	沿河防护	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 植物防护 <input type="checkbox"/> 砌石或混凝土护坡 <input type="checkbox"/> 石笼防护 <input type="checkbox"/> 浸水挡墙 <input type="checkbox"/> 护坦 <input type="checkbox"/> 抛石 <input type="checkbox"/> 排桩 <input type="checkbox"/> 丁坝、顺坝 <input type="checkbox"/> 其他								
	支挡设施	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 挡墙 <input type="checkbox"/> 框架锚(杆)索 <input type="checkbox"/> 抗滑桩 <input type="checkbox"/> 其他								
	桥梁	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 桥面系 <input type="checkbox"/> 支座 <input type="checkbox"/> 上部承重结构 <input type="checkbox"/> 桥墩、桥台基础 <input type="checkbox"/> 其他								
	隧道	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 洞门 <input type="checkbox"/> 边坡 <input type="checkbox"/> 仰坡 <input type="checkbox"/> 洞身 <input type="checkbox"/> 仰拱 <input type="checkbox"/> 顶拱 <input type="checkbox"/> 边墙 <input type="checkbox"/> 其他								
	其他变形									
特征描述										
发育程度	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 严重									
处置建议	<input type="checkbox"/> 日常养护 <input type="checkbox"/> 加强养护 <input type="checkbox"/> 专业监测 <input type="checkbox"/> 应急处置 <input type="checkbox"/> 专项养护 <input type="checkbox"/> 其他:									
危岩(崩塌)示意图	平面图或全貌照片(反映崩塌危岩体及堆积体特征及范围、与危害对象关系), 剖面图或局部照片(包括危岩结构、破损设施、裂缝特征等)									

调查人:

审核人:

填表日期

年

月

日

表 E.3 泥石流调查记录表

灾害名称						灾害编号			
路线名称						路线编号			
起止点位置	起点坐标	E:	起点桩号			技术等级			
		N:							
	止点坐标	E:	止点桩号			管养单位			
		N:							
灾害历史特征		是否发生灾害	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否						
		灾害最近发生时间	年 月 日			发生频率	近十年发生的次数:		
		泥石流类型	<input type="checkbox"/> 山坡型 <input type="checkbox"/> 沟谷型						
		影响范围	长度 (m)		宽度 (m)		厚度 (m)		
		断通状况	<input type="checkbox"/> 交通中断 <input type="checkbox"/> 半幅通行 <input type="checkbox"/> 双向通行						
		危害对象	<input type="checkbox"/> 桥梁 <input type="checkbox"/> 隧道洞口 <input type="checkbox"/> 路基 <input type="checkbox"/> 涵洞 <input type="checkbox"/> 服务区 <input type="checkbox"/> 停车区 <input type="checkbox"/> 收费站 <input type="checkbox"/> 其它						
		危害程度	<input type="checkbox"/> 严重 <input type="checkbox"/> 较严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微						
		灾害处治情况	<input type="checkbox"/> 已处治修复 <input type="checkbox"/> 未处治修复 <input type="checkbox"/> 正在处治修复						
沟域地质环境条件	地形地貌	沟道顶底高程/m		山坡坡度 /°	主沟纵坡 /%	主沟长度/m	流域汇水面积	流域形态	
		沟顶:	沟底:					<input type="checkbox"/> 沟谷型 <input type="checkbox"/> 山坡型	
	自然环境	降水特征值/mm						水源类型	
		$H_{年}$	$H_{日}$	$H_{时}$	$H_{10min}$	<input type="checkbox"/> 暴雨型 <input type="checkbox"/> 溃决型 <input type="checkbox"/> 堰塞湖 <input type="checkbox"/> 其他:			
		max: cp:	max: cp:	max: cp:	max: cp:				
	地质环境	物源区地层岩性			地质构造与地震		不良地质		
		时代	岩性	产状	构造部位	地震烈度	类型	位置	规模/m <sup>3</sup>
							滑坡		
							人工弃体		
						自然堆积			
泥石流特征	流体特征	流体性质	<input type="checkbox"/> 黏性泥石流 <input type="checkbox"/> 稀性泥石流						
		固体物质组成	<input type="checkbox"/> 泥流 (砂砾含量: _____ 土体含量: _____)						
			<input type="checkbox"/> 泥石流 (土含量: _____ 砂砾含量: _____ 石头含量: _____)						
			<input type="checkbox"/> 水石流 (砂砾含量: _____ 石含量头: _____)						
运动特征	泥位/m	淤埋/m	侧蚀/m	沟槽宽度/m		堵塞程度			

						□严重 □中等 □轻微				
堆积特征	分布范围	物质组成		扇形扩散角	长度/m	宽度/m	面积/m <sup>2</sup>	体积/m <sup>3</sup>		
规模等级	□特大型 □大型 □中型 □小型									
结构物破损情况	□有 □无									
	排水	□无 □截水沟 □边沟 □排水沟 □跌水与急流槽 □其他								
	坡面防	□无 □植物防护 □骨架防护 □挂网喷护 □片石护坡 □护面墙 □其他								
	沿河防护	□无 □植物防护 □砌石或混凝土护坡 □石笼防护 □浸水挡墙 □护坦 □抛石 □排桩 □丁坝、顺坝 □其他								
	支挡设施	□无 □挡墙 □框架锚(杆)索 □抗滑桩 □其他								
	桥梁	□无 □桥面系 □支座 □上部承重结构 □桥墩、桥台基础 □其他								
	隧道	□无 □洞门口边坡 □仰坡 □洞身 □仰拱 □顶拱 □边墙 □其他								
	其他变形									
特征描述										
发育程度	□无 □轻微 □中等 □严重									
发展阶段	□发育期 □旺盛期 □衰退期 □停歇或终止期									
处置建议	□日常养护 □加强养护 □专业监测 □应急处置 □专项养护 □其他:									
泥石流示意图或照片	示意图或照片(包括平面及断面图或遥感影像、公路设施及其受损情况照片、泥石流堆积情况照片)									

调查人:

审核人:

填表日期 年 月 日

表 E.4 地面塌陷调查记录表

灾害名称						灾害编号						
路线名称						路线编号						
起止点位置	起点坐标	E:	起点桩号			技术等级						
		N:										
	止点坐标	E:	止点桩号			管养单位						
		N:										
灾害历史特征		是否发生灾害		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否								
		灾害最近发生时间		年 月 日		发生频率		近十年发生的次数:				
		规模		长度_____米		宽度_____米						
		触发因素		<input type="checkbox"/> 采空区 <input type="checkbox"/> 岩溶 <input type="checkbox"/> 地下水 <input type="checkbox"/> 其他:								
		断通状况		<input type="checkbox"/> 交通中断 <input type="checkbox"/> 半幅通行 <input type="checkbox"/> 双向通行								
		危害形式		<input type="checkbox"/> 整体沉陷 <input type="checkbox"/> 局部塌陷 <input type="checkbox"/> 塌陷								
		危害对象		<input type="checkbox"/> 桥梁 <input type="checkbox"/> 隧道洞口 <input type="checkbox"/> 路基 <input type="checkbox"/> 涵洞 <input type="checkbox"/> 服务区 <input type="checkbox"/> 停车区 <input type="checkbox"/> 收费站 <input type="checkbox"/> 其它								
		危害程度		<input type="checkbox"/> 严重 <input type="checkbox"/> 较严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微								
灾害处治情况		<input type="checkbox"/> 已处治修复 <input type="checkbox"/> 未处治修复 <input type="checkbox"/> 正在处治修复										
塌陷类型		<input type="checkbox"/> 岩溶塌陷 <input type="checkbox"/> 采空塌陷 <input type="checkbox"/> 其他:										
地质环境条件	地形地貌		<input type="checkbox"/> 平原 <input type="checkbox"/> 山间凹地 <input type="checkbox"/> 河边阶地 <input type="checkbox"/> 山坡 <input type="checkbox"/> 山顶									
	自然环境	降水量/mm			水文条件							
		年均	日最大	时最大	地表水类型		洪水位/m	枯水位/m	相对河流位置			
					<input type="checkbox"/> 河流 <input type="checkbox"/> 季节性水沟 <input type="checkbox"/> 常年流水沟 <input type="checkbox"/> 其他:				<input type="checkbox"/> 左 <input type="checkbox"/> 右 <input type="checkbox"/> 凹 <input type="checkbox"/> 凸			
	地质环境	地层岩性			地质构造与地震			地下水类型				
时代		岩性	产状	构造部位		地震烈度	<input type="checkbox"/> 孔隙水 <input type="checkbox"/> 潜水 <input type="checkbox"/> 裂隙水 <input type="checkbox"/> 承压水 <input type="checkbox"/> 岩溶水 <input type="checkbox"/> 上层带水					
塌陷坑特征	单体塌陷坑	坑号	形状	坑口规模/m <sup>2</sup>	变形面积/m <sup>2</sup>	深度/m	长轴方向/°	充水水位/m	发生时间	发展变化		
		1										
		2										
		3										
		4										
	群体塌陷坑	分布发育及发生发展情况										
坑数		分布面积/m <sup>2</sup>			排列形式		坑口直径范围		坑的深度范围			
					<input type="checkbox"/> 群集式 <input type="checkbox"/> 长列式							

裂缝发育特征	单缝特征	编号	形态	延伸方向	长度/m	宽度/m	深度/m	产状	性质	
		1								
		2								
		3								
		4								
群缝特征	分布发育及发生发展情况									
	缝数	分布面积/m <sup>2</sup>	间距	排列形式	裂缝规模					
结构物破损情况	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无									
	排水	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 截水沟 <input type="checkbox"/> 边沟 <input type="checkbox"/> 排水沟 <input type="checkbox"/> 跌水与急流槽 <input type="checkbox"/> 其他								
	坡面防	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 植物防护 <input type="checkbox"/> 骨架防护 <input type="checkbox"/> 挂网喷护 <input type="checkbox"/> 片石护坡 <input type="checkbox"/> 护面墙 <input type="checkbox"/> 其他								
	沿河防护	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 植物防护 <input type="checkbox"/> 砌石或混凝土护坡 <input type="checkbox"/> 石笼防护 <input type="checkbox"/> 浸水挡墙 <input type="checkbox"/> 护坦 <input type="checkbox"/> 抛石 <input type="checkbox"/> 排桩 <input type="checkbox"/> 丁坝、顺坝 <input type="checkbox"/> 其他								
	支挡设施	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 挡墙 <input type="checkbox"/> 框架锚(杆)索 <input type="checkbox"/> 抗滑桩 <input type="checkbox"/> 其他								
	桥梁	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 桥面系 <input type="checkbox"/> 支座 <input type="checkbox"/> 上部承重结构 <input type="checkbox"/> 桥墩、桥台基础 <input type="checkbox"/> 其他								
	隧道	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 洞口边坡 <input type="checkbox"/> 仰坡 <input type="checkbox"/> 洞身 <input type="checkbox"/> 仰拱 <input type="checkbox"/> 顶拱 <input type="checkbox"/> 边墙 <input type="checkbox"/> 其他								
	其他变形									
	特征描述									
发育程度	<input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 严重									
灾害成因	<input type="checkbox"/> 重力 <input type="checkbox"/> 降雨 <input type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 地下水 <input type="checkbox"/> 振动 <input type="checkbox"/> 加载 <input type="checkbox"/> 地下工程施工 <input type="checkbox"/> 采矿 <input type="checkbox"/> 其他:									
现状稳定性评价	<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定									
发展趋势预测	稳定性发展趋势				潜在变形特征					
	<input type="checkbox"/> 稳定 <input type="checkbox"/> 较稳定 <input type="checkbox"/> 欠稳定				<input type="checkbox"/> 陷坑增多 <input type="checkbox"/> 陷区扩大 <input type="checkbox"/> 其他:					
处置建议	<input type="checkbox"/> 日常养护 <input type="checkbox"/> 加强养护 <input type="checkbox"/> 专业监测 <input type="checkbox"/> 应急处置 <input type="checkbox"/> 专项养护 <input type="checkbox"/> 其他:									
地面塌陷示意图	平面图或全貌照片(反映沉陷与塌陷特征及范围、与危害对象关系), 剖面图或局部照片(反映构筑物破损情况、裂缝分布情况等)									

调查人:

审核人:

填表日期

年

月

日

## 附录 F 地质灾害稳定性判别

### F.1 滑坡稳定性野外判别

滑坡稳定性野外判别划分为欠稳定、较稳定和稳定三级，滑坡稳定性野外判别可按表 F.1 执行。

表 F.1 滑坡稳定性野外判别依据

滑坡要素	欠稳定	较稳定	稳定
滑坡前缘	滑坡前缘临空，坡度较陡且常处于地表径流的冲刷之下，有发展趋势并有季节性泉水出露，岩土潮湿、饱水	前缘临空，有间断季节性地表径流流经，岩土体较湿，斜坡坡度在 30°~45°之间	前缘斜坡较缓，临空高差小，无地表径流流经和继续变形的迹象，岩土体干燥
滑体	滑体平均坡度>40°坡面上有多条新发展的滑坡裂缝，其上建筑物、植被有新的变形迹象	滑体平均坡度在 25°~40°间，坡面上局部有小的裂缝，其上建筑物、植被无新的变形迹象	滑体平均坡度<25°，坡面上无裂缝发育，其上建筑物植被没有新的变形迹象
滑坡后缘	后缘壁上可见擦痕或有明显位移迹象后缘有裂缝发育	后缘有断续的小裂缝发育，后缘壁上有不明显变形迹象	后缘壁上无擦痕和明显位移迹象，原有的裂缝已被充填

### F.2 崩塌稳定性野外判别

崩塌稳定性野外判别划分为欠稳定、较稳定和稳定三级，崩塌稳定性野外判别可按表 F.2 执行。

表 F.2 崩塌稳定性野外判别依据

斜坡要素	欠稳定	较稳定	稳定
坡角	临空，坡度较陡且常处于地表径流的冲刷之下，有发展趋势，并有季节性泉水出露，岩土潮湿、饱水	临空，有间断季节性地表径流流经，岩土体较湿	斜坡较缓，临空高差小，无地表径流流经和继续变形的迹象，岩土体干燥
坡体	坡面上有多条新发展的裂缝，其上建筑物、植被有新的变形迹象，裂隙发育或存在易滑软弱结构面	坡面上局部有小的裂缝，其上建筑物、植被无新的变形迹象，裂隙较发育或存在软弱结构面	坡面上无裂缝发展，其上建筑物、植被没有新的变形迹象，裂隙不发育，不存在软弱结构面
坡肩	可见裂缝或明显位移迹象，有积水或存在积水地形	有小裂缝，无明显变形迹象，存在积水地形	无位移迹象，无积水，也不存在积水地形
岩层	中等倾角顺向坡，前缘临空，反向层状碎裂结构岩体	碎裂岩状结构，软硬岩层相间，斜倾视向变形岩体	逆向、平缓岩层，层状块体结构
地下水	裂隙水和岩溶水不发育，有多层含水层	裂隙发育，地下水排泄条件好	隔水性好，无富水地层

### F.3 泥石流发育阶段分期判别

按表 F.3 判别泥石流发育阶段。

表 F.3 泥石流灾害发育阶段分期判别表

发育阶段	发展期	活跃期	衰退期	停歇期
形态特征	山坡以凸型为主，形成区分散，并见逐步扩大，流通区较	山坡从凸型坡转为凹型坡，沟槽堆积和堵塞现象严重，形成区扩大，	山坡以凹型为主，形成区减少，流通区向上延伸，沟槽逐渐下切，扇面陈	全沟下切，沟槽稳定，形成区基本消失，逐渐变

	短，扇面新鲜，淤积较快	流通区向上延伸，扇面新鲜，漫流现象严重	旧，生长植物，植被较好	为普通洪流，植被良好
山坡块体运动	发展明显，多见新生沟谷，有少量滑坡、崩塌等	严重发育，供给物主要来自崩塌、滑坡、错落等，片蚀、侧蚀也很发育	明显衰退，坍塌渐趋稳定，以沟槽搬运及侧蚀供给为主	山坡块体运动基本消失
塌方面积率/%	1~10	≥10	10~1	<1
单位面积固体物质储量/ $\times 10^4\text{m}^3$	1~10	≥10	10~1	<1
充淤性质与趋势	以淤为主，淤积速度增快	以淤为主，淤积值大	有冲有淤，淤积速度减小	冲刷下切

#### F.4 岩溶地面塌陷稳定性野外判别

**F.4.1** 岩溶地面塌陷稳定性野外判别划分为欠稳定、较稳定和稳定三级，岩溶地面塌陷稳定性野外判别可按表 F.4-1 执行。

表 F.4-1 岩溶地面塌陷稳定性野外判别依据

斜坡要素	欠稳定	较稳定	稳定
岩溶塌陷	新出现塌坑，周边地面有下沉开裂迹象，建筑物有倒塌、开裂、变形等特征	曾发生塌陷，1年内地面无新的变形迹象。周边建筑物无变形迹象	岩溶地层埋藏较深，地面未出现过塌陷、下沉等迹象，地上建筑物无变形特征
	塌坑未处理或充填后再次发生下沉塌陷情况	开展过岩溶塌陷专项治理工程塌坑回填密实，地表不再塌陷下沉	开展过岩溶勘察工作，评价危险性小
	有地表汇水流入塌坑，可见地下水流动	地表无汇水流入塌坑，无地下水流动迹象	地表无汇水渗入到岩溶地层无地下水流入岩溶地层迹象
	具备其一	以上条件同时具备	以上条件同时具备

**F.4.2** 对存在土洞、溶洞时，应对其长期稳定性进行评价。

- 1 位于地下水强烈变化带的土洞，应直接判定为不稳定状态；
- 2 位于地下水位以上、地下水作用相对较弱的土洞及溶洞，可采用“洞顶坍塌自行填塞估算法”计算土洞、溶洞顶板发展的上限，当顶板厚度大于上限时，可判定土洞、溶洞会趋于稳定。

**F.4.3** 洞顶坍塌自行填塞估算法

假设现有洞穴形态为半球形（图 F.1），半径等于钻探得到的洞穴高度（ $h_0$ ），洞穴垮塌稳定时的顶板形态也呈半径为  $h_0$  的半球形，塌落高度  $H$  的计算方法：

$$H = \frac{2h_0}{3(K-1)} \quad (\text{式 F.1})$$

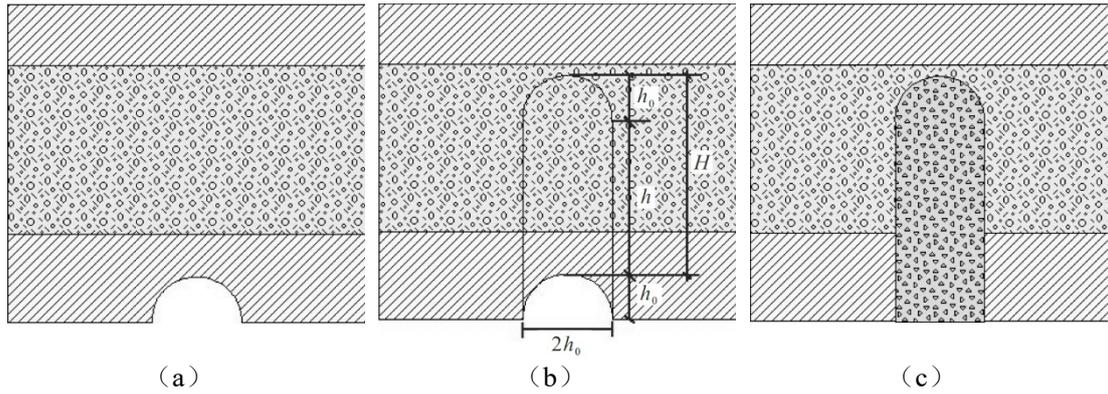


图 F.1 稳定性分析图示

式中： $V_0$ ——原洞体积， $V_0 = 2\pi h_0^3 / 3$ ；

$V$ ——新垮塌体积， $V = \pi h_0^2 H$ ；

$K$ ——垮塌体松胀系数；一般地，松胀系数取值 1.05~1.15， $K = \frac{V_0}{V} + 1$ 。

### F.5 采空区地面塌陷稳定性野外判别

采空区地面塌陷稳定性野外判别划分为欠稳定、较稳定和稳定三级，采空区地面塌陷稳定性野外判别可按表 F.5 执行。

表 F.5 采空区地面塌陷稳定性野外判别依据

斜坡要素	欠稳定	较稳定	稳定
采空塌陷	地面变形持续进行，近期发生过塌陷、开裂、倾斜、错动、沉降等现象	地面曾有小型塌陷、开裂、倾斜、错动、沉降等，近 1 年内地面无新增变形特征	地面无塌陷、开裂、倾斜、错动、沉降明显特征
	周边建筑物近期发生过倒塌开裂、变形等现象	建筑物曾发生倒塌、开裂、变形等损害，近 1 年内受损建筑物无继续变形特征	建筑物无倒塌、明显开裂、倾斜、扭曲变形特征
	周边存在地下采矿活动	地下 2 年内无采矿活动	地下 2 年内无采矿活动
	具备其一	以上条件同时具备	以上条件同时具备

## 附录 G 聚类分析法

采用聚类分析对相近单元进行分类合并，形成基于公路沿线地质水文环境风险调查数据的风险区划。

运用 k 均值聚类方法，确定每一分段为一个样本点，根据分值确定聚类均值  $K=4$ ，作为聚类类别数，随机选取 4 个样本点为质心，计算每一个样本与 K 个质心之间的相似度，将样本归到最相似质心所属的类中。相似度采用欧式距离进行计算，计算公式如下所示：

$$\text{dist}(x, c) = \sqrt{\sum_{t=1}^m (x_t - c_t)^2}$$

式中：

$\text{dist}(x, c)$  为样本  $x$  到质心  $c$  的欧式距离；

$x_t$  与  $c_t$  分别为样本  $x$  和质心  $c$  的第  $t$  个主成分。

重新计算每一类的均值作为质心，重复上述过程，直至满足收敛要求。流程图如下图所示：

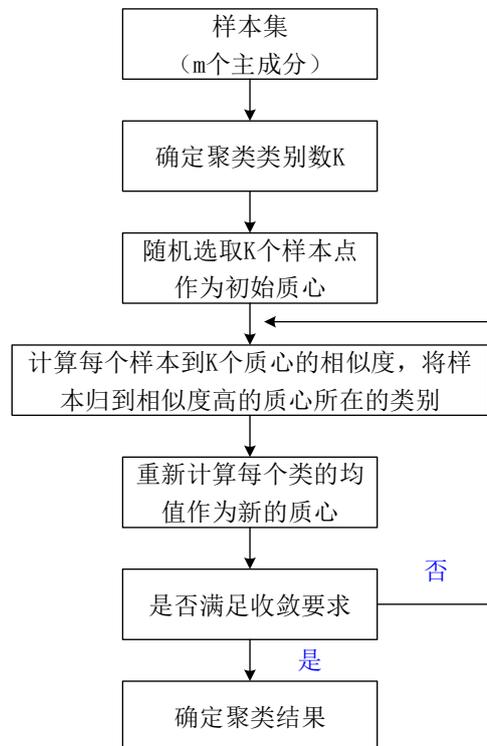


图 G-1 聚类分析流程图

风险分值具体计算方法为：

1) 基于公路沿线地质水文环境风险评价成果，统计管养路段内所有的公路沿线地质水文环境风险分区单元。

2) 将管养路段内的公路沿线地质水文环境风险分区单元的里程与对应的风险分值相乘后求和；

3) 除以该管养路段内的路线总里程得到平均综合风险分值，取小值确定管养路段的公路地质水文环境风险等级。计算公式为：

$$R_d = \frac{\sum_{i=1}^m (l_i R_i)}{\sum_{i=1}^m l_i}$$

式中： $R_d$ 为管养路段公路沿线地质水文环境风险分值， $R_d \in [1,4]$ ， $l_i$ 为第*i*类公路沿线风险区划单元的里程， $R_i$ 为第*i*类公路沿线风险区划单元的分值， $m$ 为管养路段内路线风险区划单元总数。

## 附录 H 成果报告提纲

### 第一章 绪论

#### 第一节 任务来源及目标任务

- 1.任务来源
2. 目标任务（如分年度，按年度分解）
- 3.任务变更情况（视实际情况而定）

#### 第二节 地理位置与交通

#### 第三节 资料收集

#### 第四节 调查工作部署及实物工作量完成情况

- 1.工作部署
- 2.工作方法
- 3.完成的实物工作量

### 第二章 自然地理与区域地质环境概况

#### 第一节 自然地理

- 1.交通
- 2.气象
- 3.水文
- 4.植被

#### 第二节 地形地貌

#### 第二节 地质构造

#### 第三节 岩土体工程地质条件

#### 第四节 斜坡结构特征

#### 第五节 水文地质特征

#### 第六节 工程地质评价与主要工程地质问题

#### 第七节 人类工程活动及土地利用现状

### 第三章 公路边坡特征

#### 第一节 公路边坡基本类型

#### 第二节 公路边坡病害特征

#### 第三节 公路边坡风险评估及管控措施

### 第四章 地质灾害特征

#### 第一节 地质灾害类型（没有相应灾种的内容可删）

- 1.滑坡
- 2.崩塌
- 3.泥石流
- 4.地面塌陷

#### 第二节 地质灾害发育特征

#### 第三节 地质灾害危害特征

【注：应包括地质灾害灾情和险情统计】

#### 第四节 地质灾害分布规律

### 第五章 地质单元调查结果分析

【注：本节中，应根据地质单元调查形成的结果，结合地质单元划分分类及结果调整情况、斜坡特征分类、地质灾害危险源发育分布、承灾体分布、危害性及稳定性等，按照地质单元调查结果采用定性总结或定量统计方式阐述，应将历史地质灾害和新增

地质灾害危险源统计数据对比验证，并加强地形地貌、地质构造、斜坡结构、岩土体特征、水文地质特征等与孕灾地质水文条件相关性分析，提炼出规律性总结认识。

#### **第一节 地质单元划分及优化**

#### **第二节 地质单元特征分类及分析**

#### **第三节 地质单元地质灾害风险识别及特征分析**

【注：本节中，应根据其发展趋势分灾种统计相关数据，并加强相关性分析。】

#### **第四节 地质单元承灾体分布及规律分析**

#### **第五节 新增地质灾害危害性分析**

### **第六章 地质灾害成灾机理分析**

【注：本章中，应根据斜坡本底地质环境条件分析孕灾机制、模式，并按照地质灾害在不同因素诱发下形成的灾害规模、危害、危险性等方面的差异或区别，根据调查结果做好相关数据统计分析，按照暴雨不利工况开展地质灾害危险区范围划定，明确方法并应用。斜坡成灾机理应根据演化趋势分灾种、分类别进行阐述。采用单点阐述不同灾种危险区划定的方法与结果差异，做到文图并茂。】

#### **第一节 诱发因素**

【注：含降雨、人类工程活动、地震等主要诱发因素。】

#### **第二节 形成机理**

【注：应分灾种、分类别阐述成灾机理，形成属地化认识，不能照搬照抄。】

#### **第三节 成灾模式**

#### **第四节 典型地质单元剖析（包含形成机理、致灾模式、稳定性评价、危险区划定等）**

### **第七章 地质灾害风险评价**

#### **第一节 地质灾害易发性评价**

#### **第二节 地质灾害危险性评价**

#### **第三节 承灾体识别及易损性评价**

【注：应根据易发性、稳定性和失稳概率，采用定性和定量相结合的方法评价。】

#### **第四节 地质灾害风险评价**

【注：形成地质灾害易发性、危险性、风险性评价图。】

### **第八章 地质灾害气象预警**

【注：本章中，通过收集各地降雨量，应根据历史灾情、险情等与降雨的关系加强相关性分析，分区域明确具有代表性的触发地质灾害降雨量，研究降雨历时—雨强关系，作出曲线图，逐坡提出1日、多日降雨红色（高风险）、橙色（较高风险）、黄色（中风险）预警阈值建议。】

#### **第一节 分析方法**

#### **第二节 样本数据分析**

#### **第三节 降雨预警阈值确定**

#### **第四节 地质灾害气象预警建议**

### **第九章 地质灾害风险管控对策建议**

【注：包括风险点+风险区风险管控，根据风险评价结论，结合工作区防灾减灾工作的实际情况，从降低致灾体灾害发生概率、降低承灾体易损性、有效规避风险等角度提出日常养护、加强养护、专业监测、专项养护、应急处置等建议。】

#### **第一节 风险管控分区划分**

【注：包括风险点+风险区】

#### **第二节 风险管控对策建议**

【注：包括风险点+风险区】

第三节 规划区风险管控对策建议

第十章 结论与建议

第一节 结论

第二节 建议