

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/ 1533—2022

公路上边坡崩塌滑坡灾害风险评估指南

Guidelines for Risk Assessment of Cutting Slope Disasters of Highway

2022 - 04 - 19 发布

2022 - 05 - 19 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总则..... 2

5 风险评估..... 2

6 现场调查初步评估..... 4

7 危险性评估..... 7

8 期望损失评估..... 13

9 风险控制..... 15

10 风险评估报告..... 15

附录 A（资料性） 危险性评估流程图..... 17

附录 B（资料性） 崩塌灾害隐患点期望损失评估流程图..... 19

附录 C（资料性） 交通中断时间预估表..... 20

附录 D（资料性） 崩塌影响范围估算..... 21

附录 E（资料性） 现场调查表..... 24

参考文献..... 28

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由陕西省公路局提出。

本文件由陕西省交通运输标准化委员会归口。

本文件起草单位：陕西省公路局、长安大学。

本文件主要起草人：朱钰、李家春、赵菲、田伟平、张杰、齐洪亮、刘凯涛、李朋丽、陈国龙、吴晓刚、赵鹏。

本文件由长安大学负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：长安大学公路学院

电话：029-82334899

地址：陕西省西安市南二环中段

邮编：710064

公路上边坡崩塌滑坡灾害风险评估指南

1 范围

本文件提供了公路上边坡崩塌、滑坡灾害风险评估技术指导。
本文件适用于国省干线公路上边坡崩塌滑坡灾害风险评估工作，其他公路可参照使用。

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文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG/T 3334-2018 公路滑坡防治设计规范

3 术语和定义

JTG/T 3334界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

上边坡 cutting slope
位于公路上侧的边坡。

3.2

崩塌 collapse
高陡边坡岩土体以倾倒、崩落、滚动等破坏方式，影响公路交通安全的地质灾害。
[来源：JTG/T 3334-2018，3.1]

3.3

滑坡 landslide
边坡岩土体在自然或人为因素的作用下沿一定滑动面（软弱结构面）向下滑动破坏，影响公路交通安全的地质灾害。
[来源：JTG/T 3334-2018，3.2]

3.4

灾害危险性 hazard
边坡发生失稳破坏的可能性或概率，是灾害的自然属性。

3.5

岩体结构 rock structure

边坡岩体结构面与岩块空间分布与组合的宏观形式，主要分为整体结构，块状结构，层状结构（水平层状、顺倾层状、反倾层状、斜交层状），碎裂结构，散体结构。

3.6

期望损失 average lost

特定区域内预期可能遭受灾害的人和财产损失总和, 包括直接损失和间接损失。

3.7

直接损失 direct lost

边坡灾害造成的公路财产损失量、交通工具损失量、人员伤亡数量，以及抢险修复费用。

3.8

间接损失 indirect lost

影响交通或造成交通中断增加的交通运输成本。

3.9

风险 risk

边坡崩塌滑坡灾害发生的可能性和期望损失。

3.10

风险评估 risk assessment

对上边坡崩塌滑坡灾害进行识别、分析、估测、提出对策的系列工作。

3.11

风险控制 risk control

采取灾害防治、监测预警等各种措施，将风险控制到可接受范围内。

4 总则

4.1 风险评估的原则是“统一标准，数据可靠，科学严谨，客观真实”。

4.2 灾害风险宜采取五级分级制，风险评估尽量做到量化，难以定量或分级的指标可咨询相关专家参与评估工作。

4.3 边坡崩塌滑坡灾害风险评估工作包括现场调查、资料收集、综合分析等。

4.4 风险评估工作宜首先进行危险性初步评估，对初步评估危险等级为IV级和V级的边坡再进行风险评估。

5 风险评估

5.1 评估对象

开展边坡风险评估之前，初选出隐患边坡。边坡评估宜以桩号和稳定条件相近划分单元。

5.2 评估数据来源

主要通过现场调查、测量获得，基础数据可查阅公路勘察设计、施工验收等文件获得。

5.3 风险量化与分级

5.3.1 风险量化

5.3.1 风险量化

5.3.1.1 见式（1）：

$$R = P \times L \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R ——风险量；

P ——危险性；

L ——期望损失。

2) 当同一边坡存在多种破坏方式或规模时，宜叠加计算，见式（2）：

$$R = \sum P_i \times L_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_i ——第 i 种破坏的危险性；

L_i ——第 i 种破坏的期望损失。

5.3.2 风险等级

风险等级宜按风险量分为：极高风险，高风险，中等风险，低风险，极低风险。在分析风险等级时，先分别独立地进行危险性分级和期望损失分级，然后查风险矩阵表确定风险等级，见表1。

表 1 风险矩阵

危险性	期望损失				
	可忽略	较小	中等	较大	巨大
极高危险	III	IV	IV	V	V
高度危险	II	III	IV	IV	V
中度危险	II	III	III	IV	IV
低度危险	I	II	III	III	IV
极低危险	I	I	II	II	III
注 1：V 级（极高风险）：发生的可能性较大，并且一旦发生将造成很严重后果。 注 2：IV 级（高风险）：发生可能性较大但后果较轻，或者发生可能小但后果严重。 注 3：III 级（中等风险）：发生可能性大但后果轻微，或者发生可能小但后果一般严重，或可能性及损失均为中等。 注 4：II 级（低风险）：发生可能性较小，灾害损失较小。 注 5：I 级（极低风险）：发生可能性很小，后果也较轻微。					

5.4 危险性定量与分级

危险性根据近5年灾害发生可能性，宜用指标评估法确定等级。危险等级划分标准见表2。

5.5 上边坡崩塌滑坡灾害危险性分级标准

表 2 上边坡崩塌滑坡灾害危险性分级标准

危险等级	概率 P	可能性
极高危险	≥ 0.50	几乎肯定
高度危险	$0.25 \sim 0.50$	很可能
中度危险	$0.10 \sim 0.25$	有可能
低度危险	$0.05 \sim 0.10$	不太可能
极低危险	< 0.05	很罕见

5.6 期望损失定量与分级

损失等级按照表3从高向低判断，只要满足两个指标中的一个即定为该损失等级。

表 3 期望损失分级标准

损失等级	直接损失 (万元)	影响交通
巨大	> 500	中断 12 h 以上，或便道通行 3 d 以上
较大	$100 \sim 500$	中断 12 h 以内，或便道通行 3 d 以内
中等	$10 \sim 100$	中断 6 h 以内，或便道通行 1 d 以内
较小	$5 \sim 10$	不中断交通，或半幅通行 6 h 以内
可忽略	< 5	几乎不影响交通

6 现场调查初步评估

6.1 一般规定

6.1.1 主要由各养护单位专业技术人员按表 4，表 5 中的基本要素评估。

6.1.2 调查评估时首先划分为岩质边坡和土质边坡，再划分为崩塌和滑坡灾害类型。

注：对于二元结构边坡，以发生破坏的地质体岩土性质确定。如陕北地区，上部黄土按土质评估，下部岩石破坏按岩质评估。在一处边坡同时存在土质、岩质破坏的，分别评估，危险性就高不就低。损失评估叠加计算。

6.2 崩塌灾害

上边坡崩塌灾害危险性初评指标及取值见表4，表5。

注：表中“主裂缝”是指控制危险体稳定性的后缘垂直裂缝。

表4 岩质边坡崩塌灾害危险性初评表

评估指标	分级		基本分值 Xi		权重系数 Wi	评估分值 Hi=XiWi	备注
			分 值	取值			
坡高（m）	<20		1		0.15		
	20~30		3				
	30~50		5				
	50~100		7				
	>100		9				
坡率	≤1:0.75		1		0.15		
	1:0.75~1:0.5		3				
	1:0.5~1:0.25		5				
	1:0.25~1:0.0		7				
	≥1:0.0		9				
变形特征	无变形迹象		1		0.30		
	主裂缝宽度<5cm		3				
	主裂缝宽度 5cm~10 cm		5				
	主裂缝宽度 10cm~15 cm		7				
	主裂缝宽度>15cm		9				
地下水	缺乏		1		0.15		
	少量痕迹		3				
	大面积潮湿		5				
	明显渗出		7				
	有水流		9				
体积（m3）	<50		1		0.25		
	50-100		3				
	100-500		5				
	500-1000		7				
	>1000		9				
评估结果	评 估 分 值 H=ΣXiWi	V 级：≥8 IV级：6~8 III级：4~6 II 级：2~4 I 级：<2	等 级		建议		

表5 土质边坡崩塌灾害危险性初评表

评估指标	分级		基本分值 Xi		权重系数 Wi	评估分值 Hi=XiWi	备注
			分 值	取值			
坡高（m）	<10		1		0.15		
	10~20		3				
	20~30		5				
	30~50		7				
	>50		9				
坡率	≤1:1		1		0.15		
	1:1~1:0.75		3				
	1:0.75~1:0.5		5				
	1:0.5~1:0.25		7				
	≥1:0.25		9				
变形特征	无变形迹象		1		0.30		
	主裂缝宽度<5cm		3				
	主裂缝宽度 5cm~10 cm		5				
	主裂缝宽度 10cm~15 cm		7				
	主裂缝宽度>15cm		9				
地下水	缺乏		1		0.15		
	少量痕迹		3				
	大面积潮湿		5				
	明显渗出		7				
	有水流		9				
体积（m3） 参考其他规范	<200		1		0.25		
	200-500		3				
	500-1000		5				
	1000-5000		7				
	>5000		9				
评估结果	评 估 分 值 H=∑XiWi	V 级：≥8 Ⅳ级：6~8 Ⅲ级：4~6 Ⅱ级：2~4 Ⅰ级：<2	等 级		建议		

6.3 滑坡灾害

上边坡滑坡灾害危险性初评指标及取值见表6。

表 6 上边坡滑坡灾害危险性初步评估表

评估指标	分级	基本分值 Xi		权重系数 Wi	评估分值 Hi=XiWi	备注
		分值	取值			
滑坡地形特征	特征不明显	3		0.10		
	特征较明显	5				
	特征明显	7				
	特别明显	9				
地下水	少量地下水迹象	3		0.10		
	大面积潮湿	5				
	明显渗出	7				
	有水流	9				
后缘裂缝宽度(cm)	<5	1		0.20		
	5~10	3				
	10~20	5				
	20~50	7				
	>50	9				
两侧裂缝长度(m)	<2	1		0.15		
	2~5	3				
	5~10	5				
	10~20	7				
	>20	9				
前缘鼓胀	轻微	5		0.15		
	明显	7				
	严重	9				
体积（m3）	<200	1		0.25		
	200-500	3				
	500-1000	5				
	1000-5000	7				
	>5000	9				
评估结果	评估分值 H=∑XiWi	V级：≥8 IV级：6~8 III级：4~6 II级：2~4 I级：<2	等级	建议		

7 危险性评估

7.1 一般规定

7.1.1 危险性评估方法包括统计模型法、人工智能模型法、指标体系法、专家调查法等，宜使用指标评估法、专家调查法。

7.1.2 在进行具体评估时，宜先判断边坡类型土质边坡或岩质边坡，再判断灾害类型。

7.1.3 现场调查表宜采用附录 E 中表 E.1～表 E.4。

7.2 指标体系法

7.2.1 工作流程见附录 A 中图 A.1。

7.2.2 权重确定见表 7～表 9。

注：确定各评估指标在对灾害危险性所起作用的大小或重要程度（权重）有多种方法，如专家经验法、调查统计法、边坡敏感度方法、数理统计法、层次分析法等。本标准选择层次分析法确定了公路上边坡崩塌滑坡灾害评估指标的权重，在使用中可根据地区特点适当调整，并作说明。

表 7 岩质崩塌灾害评价指标权重系数表

指标	变形特征	岩体结构	地层岩性	风化程度	坡高	坡度	地下水	防护	年均降雨量
权重	0.20	0.17	0.15	0.13	0.10	0.09	0.08	0.05	0.03

表 8 岩质滑坡灾害评价指标权重系数表

指标	变形特征	地层岩性	岩体结构	滑坡地形特征	地下水	年均降雨量	风化程度	坡高	公路位置	加固防护
权重	0.20	0.17	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.04	0.02

表 9 土质崩塌滑坡灾害评价指标权重系数表

指标	变形特征	地下水	坡度差	坡高	土质	年均降雨量	防护条件	植被条件
权重	0.22	0.18	0.16	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04

7.2.3 上边坡崩塌滑坡灾害危险评估指标体系见表 10～表 12。

表 10 岩质崩塌灾害危险评估指标体系

评估指标	分级	基本分值 X_i		权重系数 W_i	评估分值 $H_i=X_iW_i$	备注
		分值	取值			
地层岩性	极硬岩	1		0.15		
	坚硬岩	3				
	较硬岩	5				
	软岩	7				
	极软岩	9				
岩体结构	整体	1		0.17		
	块状	3				
	反倾、斜交、水平层状	5				
	顺倾层状	7				

表 10 (续)

评估指标	分级	基本分值 Xi		权重系数 Wi	评估分值 Hi=XiWi	备注
		分值	取值			
	碎裂	9				
坡高（m）	<15	1		0.10		
	15~30	3				
	30~50	5				
	50~70	7				
	>70	9				
坡率	=1:0.75	1		0.09		
	1:0.75~1:0.5	3				
	1:0.5~1:0.25	5				
	1:0.25~1:0.0	7				
	>1:0.0	9				
变形特征	无变形迹象	1		0.20		
	宽度<5cm	3				
	宽度 5~10 cm	5				
	宽度 10~15 cm	7				
	宽度>15cm	9				
年均降水量 （mm）	<200	1		0.03		
	200~400	3				
	400~600	5				
	600~800	7				
	>800	9				
风化程度	微风化	1		0.13		
	弱风化	3				
	中度风化	5				
	强风化	7				
	全风化	9				
防护	完善	3		0.05		
	中等	5				
	无防护	7				
地下水条件	缺乏	1		0.08		
	少量痕迹	3				
	大面积潮湿	5				
	明显渗出	7				
	有水流	9				
注：当地层岩性为两种及以上岩性，宜取控制稳定性的岩性进行打分。						

表 11 岩质边坡滑坡灾害危险评估指标体系

评估指标	分级	基本分值 X_i		权重系数 W_i	评估分值 $H_i=X_iW_i$	备注
		分值	取值			
地层岩性	极硬岩	1		0.18		
	硬岩	3				
	较硬岩	5				
	软岩	7				
	极软岩	9				
岩体结构	整体	1		0.20		
	块状	3				
	反倾、斜交、水平层状	5				
	顺倾层状	7				
	碎裂	9				
坡高 (m)	<15	1		0.03		
	15~30	3				
	30~50	5				
	50~70	7				
	>70	9				
公路位置	滑坡体上部	3		0.02		
	滑坡体下部	7				
	滑坡体中部	9				
滑坡地形特征	滑坡地形不明显	3		0.06		
	滑坡地形较明显	5				
	滑坡地形明显	7				
地下水	缺乏	1		0.16		
	少量痕迹	3				
	大面积潮湿	5				
	明显渗出	7				
	有水流	9				
年均降水量 (mm)	<200	1		0.08		
	200~400	3				
	400~600	5				
	600~800	7				
	>800	9				
风化程度	未风化	1		0.05		
	微风化	3				
	中风化	5				
	强风化	7				
	全风化	9				
防护排水	完善	3		0.02		
	中等	5				
	无防护	7				
变形特征	无变形迹象	1		0.20		
	宽度<5cm	3				
	宽度 5~10 cm	5				
	宽度 10~15 cm	7				
	宽度>15cm	9				

表 12 土质边坡崩塌滑坡灾害危险评估指标体系

评估指标	分级	基本分值 X_i		权重系数 W_i	评估分值 $H_i=X_iW_i$	备注
		分值	取值			
土质	黄土	5		0.11		
	堆积层	7				
	膨胀土	9				
坡高（m）	<15	1		0.15		
	15~30	3				
	30~50	5				
	50~70	7				
	>70	9				
坡度差（°）	<10	1		0.16		
	10~25	3				
	25~45	5				
	45~60	7				
	>60	9				
变形特征	无变形迹象	1		0.22		
	宽度<5cm	3				
	宽度 5 cm~10 cm	5				
	宽度 10 cm~15 cm	7				
	宽度>15cm	9				
地下水	缺乏	1		0.18		
	少量痕迹	3				
	大面积潮湿	5				
	明显渗出	7				
	有水流	9				
年均降水量（mm）	<200	1		0.08		
	200~400	3				
	400~600	5				
	600~800	7				
	>800	9				
植被覆盖条件	植被条件很好	1		0.04		
	植被条件较好	3				
	植被条件一般	5				
	植被条件较差	7				
	无植被	9				
防护排水	完善	3		0.06		
	中等	5				
	无防护	7				

7.2.4 指标体系法危险性评估值 H 宜按式 (3) 计算:

$$H = \sum H_i \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 H_i ——评估指标的分值, $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。 n 为评估指标总数。

7.2.5 灾害危险性评估值与概率的转换关系按表 13 进行,并按表 2 确定上边坡崩塌滑坡灾害危险性等级。

注:表13、表14、表15中的概率值P主要用于危险等级划分,并不精确表示发生可能性。

表 13 上边坡岩质崩塌灾害危险分级标准

危险等级	评估值 H	概率 P
V（极高危险）	7.3~8.9	≥0.50
IV（高度危险）	5.8~7.3	0.25~0.50
III（中度危险）	4.2~5.8	0.10~0.25
II（低度危险）	2.7~4.2	0.05~0.10
I（极低危险）	1.1~2.7	<0.05

表 14 上边坡岩质滑坡灾害危险分级标准

危险等级	评估值 H	概率 P
V（极高危险）	6.6~7.9	≥0.50
IV（高度危险）	5.3~6.6	0.25~0.50
III（中度危险）	3.9~5.3	0.10~0.25
II（低度危险）	2.6~3.9	0.05~0.10
I（极低危险）	1.3~2.6	<0.05

表 15 上边坡土质边坡滑塌灾害危险分级标准

危险等级	评估值 H	概率 P
V（极高危险）	7.2~8.7	≥0.50
IV（高度危险）	5.8~7.2	0.25~0.50
III（中度危险）	4.4~5.8	0.10~0.25
II（低度危险）	2.9~4.4	0.05~0.10
I（极低危险）	1.6~3.0	<0.05

7.3 专家调查法

7.3.1 工作流程见附录 A 中图 A.2。

7.3.2 评估专家组成员不宜少于 3 人，具备高级及以上技术职称；评估负责人具有 10 年以上、成员需具有 5 年以上本领域工作经验。

7.3.3 评估方法宜按表 16 进行。

表 16 专家评估表

分项	分项评估内容	分值 Xi	信心指数 Wi	专家评估方法
1	地质条件	X1	W1	专家评分值用下式累加： $H = \sum (W_i \times X_i) / \sum W_i \quad (i=1 \sim 4)$ 式中：Xi 分项评定等级（1~5）；Wi 专家评定信心指数（0~1）；G 边坡危险性专家评分，评分高表示危险等级高。
2	变形特征	X2	W2	
3	几何特征	X3	W3	
4	环境因素	X4	W4	
注1：专家组成员分别对评估指标按5个危险等级评定分值X1，即：V（极高危险）（5分）、等级Ⅳ（高度危险）（4分）、等级Ⅲ（中度危险）（3分）、等级Ⅱ（低度危险）（2分）、等级Ⅰ（极低危险）（1分）。				
注2：专家对分项评估分值给出专家信心指数Wi。专家信心指数可根据对评估对象的认知程度、类似工作经验、专业技术水平等给出。如认为自己的评估结果可靠，信心指数高，给出Wi=1；对评估分项完全没有概念，给出Wi=0；在两种情况之间，可视具体情况给出Wi=0~1（小数点后取1位）				

7.3.4 边坡灾害危险性等级划分见表 17

表 17 上边坡专家调查评估法危险性等级划分标准

危险等级	评估值 H	概率 P
V（极高危险）	≥ 4.0	≥ 0.50
IV（高度危险）	$4.0 \sim 3.0$	$0.25 \sim 0.50$
III（中度危险）	$3.0 \sim 2.0$	$0.10 \sim 0.25$
II（低度危险）	$2.0 \sim 1.0$	$0.05 \sim 0.10$
I（极低危险）	< 1.0	< 0.05

8 期望损失评估

8.1 灾害规模分析

- 8.1.1 上边坡的高度值变化较大时，估计破坏规模所用边坡高度沿路线方向每 20 m 取一次平均值。
- 8.1.2 土质边坡存在地表位移变形迹象，则根据变形位置分析估算；无明显变形破坏迹象，按土力学参数用条分法寻找最危险滑动面估算。
- 8.1.3 岩质边坡崩塌隐患有变形迹象的，按变形范围向外扩大 2 个节理间距；无明显变形迹象的，根据岩体不利结构组合估计。
- 8.1.4 岩质边坡滑坡隐患根据滑坡周界和滑动面埋深估算。

8.2 灾害影响范围

- 8.2.1 崩塌灾害影响范围评估方法见附录 D。
- 8.2.2 滑坡灾害影响范围按滑坡可能破坏路基的范围和堆积体大小确定。

8.3 承灾体损失率

- 8.3.1 崩塌灾害承灾体损失率计算如下：
- a) 通过崩塌体灾度确定影响范围的损失率，灾度按式（4）计算，崩塌类灾害承灾体损失率见表 18；

$$G = \lg(V \cdot \Delta H_i) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

G ——灾度；

V ——崩塌体体积（m³）；

ΔH_i ——平均落差（m）。

表 18 边坡崩塌灾害财产损失率

分级	灾度 G	承灾体损失率 α_1
5 度	≥ 5.0	≥ 0.90
4 度	$3.5 \sim 5.0$	$0.80 \sim 0.90$
3 度	$2.0 \sim 3.5$	$0.60 \sim 0.80$
2 度	$1.0 \sim 2.0$	$0.30 \sim 0.60$
1 度	≤ 1.0	≤ 0.3

b) 影响范围内路产总价值按表 19 统计；

表 19 影响范围内路产价值统计表

代号	类型	规格	数量	单价（元）	价值（元）
(1)	路面				
(2)	边沟				
(3)	护栏				
(4)	护墩				
(5)	涵洞				
(6)	挡墙				
(7)	坡面防护				
(8)	交通标志标线				
(9)	绿化				
(10)	其他				
合计 T（元）					

8.3.2 滑坡灾害承灾体损失率计算如下：

- a) 对于岩质边坡滑坡灾害，分滑坡体剪出口在路基范围内和滑坡体剪出口在上边坡两种情况，前者损失率按 1 计算，后者可参考崩塌灾害确定损失率；
- b) 土质边坡滑坡堆埋公路，路产损失较小，应根据灾害体的高度、体积等信息现场估计损失率。

8.4 直接经济损失评估

8.4.1 抢险费用按灾害体体积估算，见式（5）：

$$L_1 = V \times P_1 \cdots \cdots (5)$$

式中：

L_1 ——抢险费用（元）；
 V ——灾害体体积（ m^3 ）；
 p_1 ——清方综合单价（元）。

8.4.2 边坡治理费用 L_2

边坡治理费用估算宜按可行的防护方案估算。

8.4.3 路基路面及附属设施修复费用按式（6）估算：

$$L_3 = T \times \alpha_1 \times \alpha_2 \cdots \cdots (6)$$

式中：

L_3 ——路产损失；
 T ——影响范围内的路产总价值；
 α_1 ——损失率；
 α_2 ——损失放大系数，放大系数取值宜在 1.2~1.4 之间。

8.4.4 直接损失费用为抢险费用 L_1 、边坡治理费用 L_2 以及路产损失 L_3 之和。

8.5 交通影响程度

8.5.1 判断交通影响程度时，不考虑发生可能性大小，仅假定边坡发生破坏的情况。

8.5.2 交通中断时间越长代表交通影响程度越高，交通影响程度分级见表 20，宜按“就高原则”确定影响级别。

表 20 交通影响等级划分标准

损失等级	中断交通时间(小时)	便道通行时间
5 巨大	中断 12 h 以上	3 d 以上
4 较大	中断 12 h 以内	3 d 以内
3 中等	中断 6 h 以内	1 d 以内
2 较小	不中断交通	半幅通行 6 h 以内
1 可忽略	几乎不影响交通	无便道
注：公路等级高于二级，或交通量明显大于同等级公路，或在公路网中特别重要路段，评估时可提高1个等级。		

8.5.3 判断交通中断时间宜考虑掩埋体占路基宽度的比例,见附录 C 中表 C.1。

8.5.4 崩塌灾害隐患点期望损失评估流程图见附录 A 中图 A.3。

8.6 期望损失等级评定

应符合5.5的规定。

9 风险控制

9.1 风险可接受水平

风险等级Ⅱ级及以下时为“可接受”风险。Ⅲ级及以上的风险宜制定风险控制对策。

9.2 风险对策

9.2.1 对于Ⅱ级及其以下风险等级暂时不予治理，仅在养护巡察时注意观察，发现问题再重新评估风险等级。

9.2.2 对于Ⅲ级风险以监测为主。

9.2.3 对于Ⅳ级风险，视危险等级而定，若危险等级四级以上则需进行治理，反之以监测为主。

9.2.4 对于Ⅴ级风险以工程治理为主。

10 风险评估报告

10.1 基本工作内容

边坡灾害风险评估报告宜以地市为单位，以路线为分报告，汇总成册。

10.2 编写提纲

评估报告包括但不限于以下内容：

10.2.1 编制依据

10.2.1.1 主要文件；

10.2.1.2 相关的国家和行业标准、规范；

10.2.1.3 地方标准、规范或指南；

10.2.1.4 现场调查资料。

10.2.2 边坡地质灾害风险评估概况

10.2.2.1 评估工作组织情况；

10.2.2.2 评估区域公路边坡地质条件及周边环境概况；

10.2.2.3 风险评估综述：评估范围，路线长度，边坡总数，历史灾害情况，本次评估边坡数量，评估结果统计等；

10.2.2.4 对评估方法和评估工作的概述。

10.2.3 危险性评价

10.2.3.1 评估指标及方法；

10.2.3.2 崩塌滑坡灾害危险性评价；

10.2.3.3 滑坡灾害危险性评价；

10.2.3.4 危险等级及分布规律。

10.2.4 直接损失和影响交通程度评价

10.2.4.1 评估指标及方法；

10.2.4.2 直接损失评估；

10.2.4.3 交通影响程度评估；

10.2.4.4 损失等级划分及分布规律。

10.2.5 风险评估

10.2.5.1 风险等级划分；

10.2.5.2 灾害风险等级分布规律；

10.2.5.3 小结。

10.2.6 边坡地质灾害风险对策

10.2.6.1 日常养护注意事项；

10.2.6.2 边坡监测；

10.2.6.3 工程治理建议。

附 录 A
(资料性)
危险性评估流程图

A.1 图A.1 和图A.2 分别给出了指标体系法、专家调查评估法流程图例

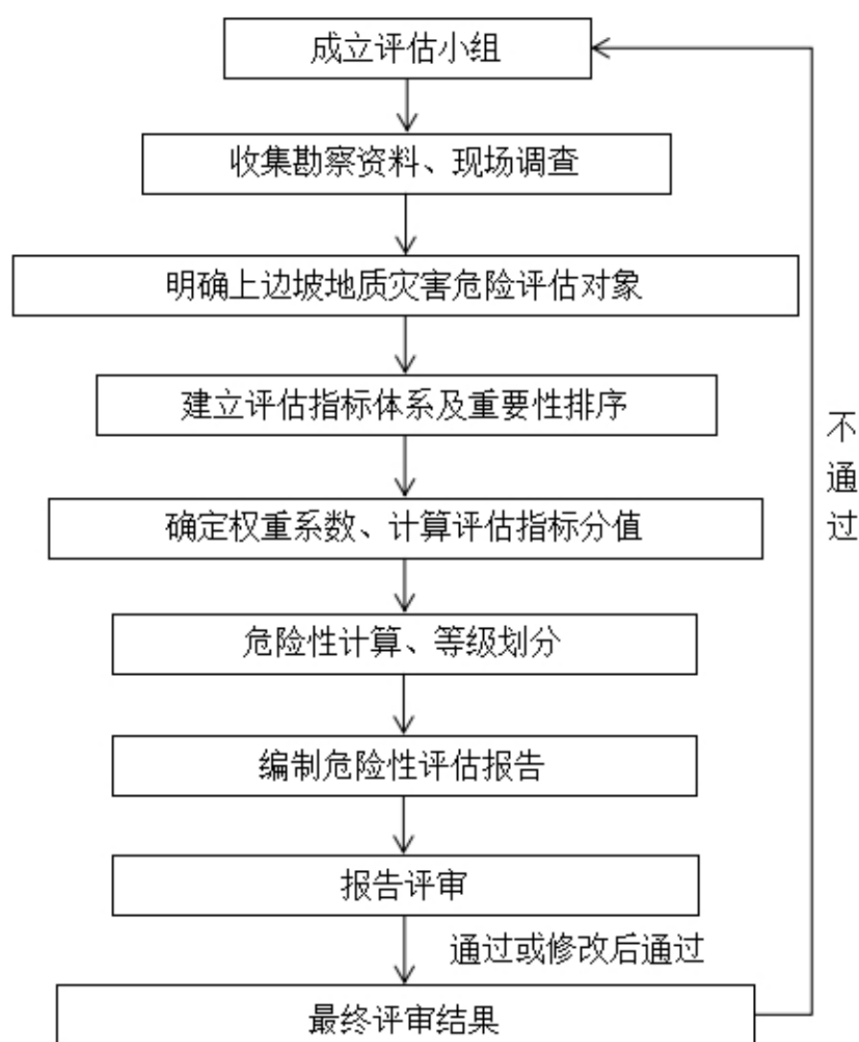


图 A.1 指标体系法危险性评估流程图

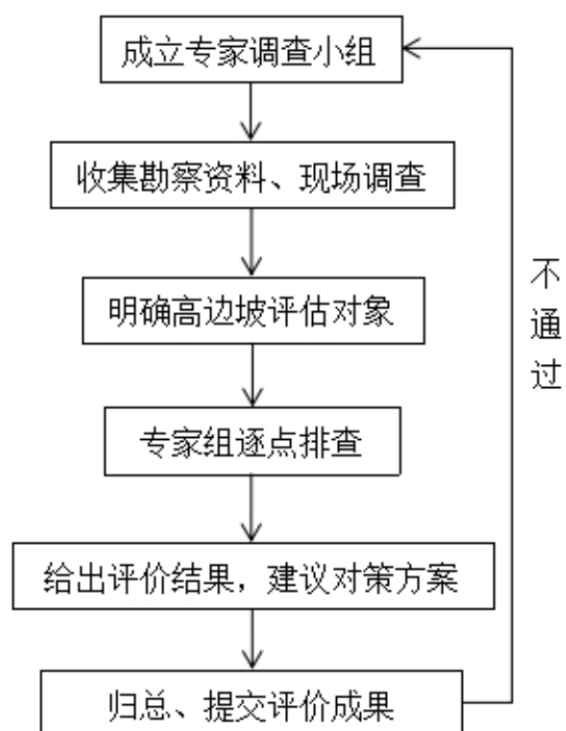


图 A.2 专家调查评估法危险性评估流程图

附 录 B
(资料性)

崩塌灾害隐患点期望损失评估流程图

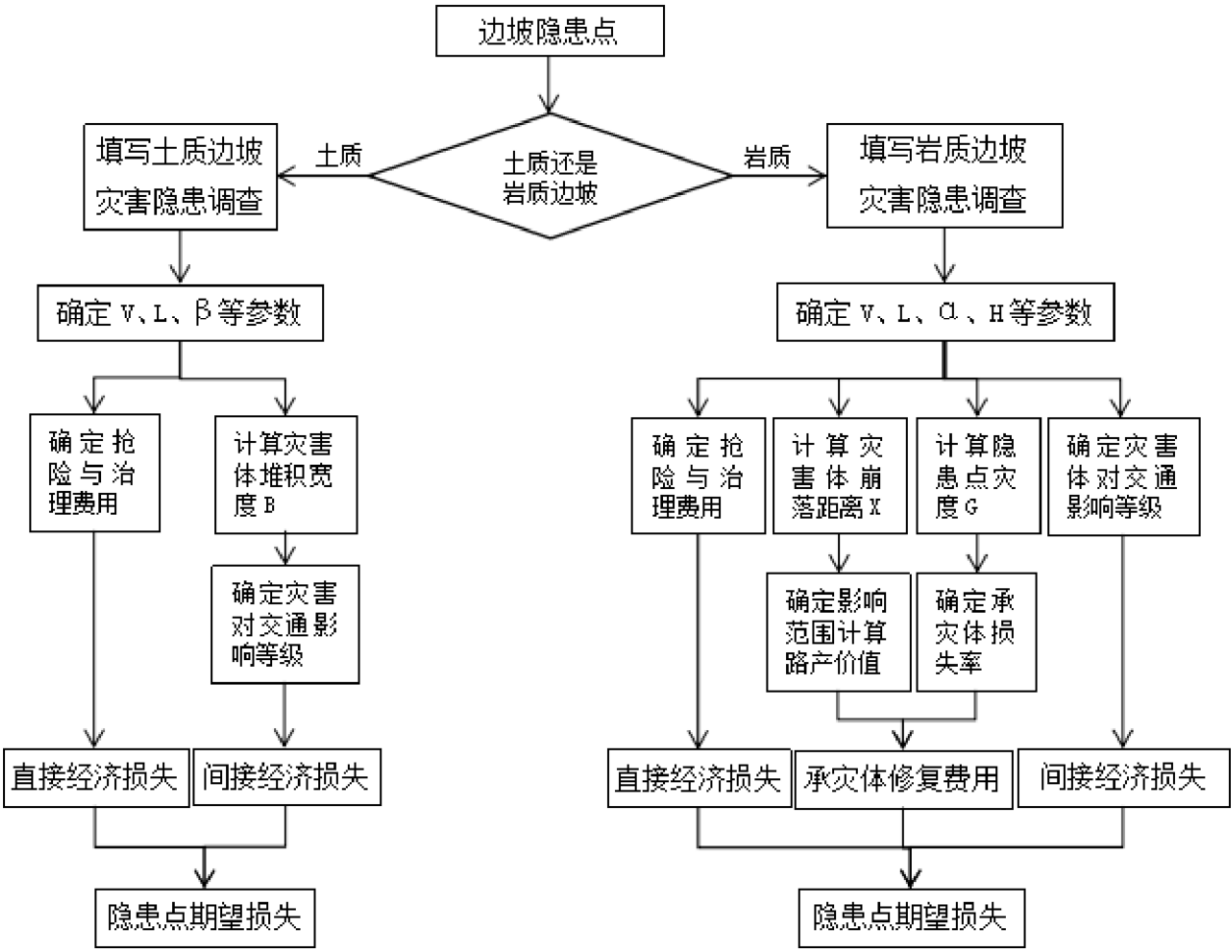


图 B.1 崩塌灾害隐患点期望损失评估流程

附 录 C
(资料性)
交通中断时间预估表

表 C.1 交通中断时间预估表

坡高、坡率	交通状况	崩落距离 L_b 与路基宽度 D 比较
12 m 下的所有坡率	交通不中断，简单清理即可	$L_b \leq D/3$
坡高 20 m 以下（除 $80^\circ \sim 90^\circ$ ）的坡率	交通不中断，车辆可以半幅通行，清理掩埋体	$L_b \leq D/2$
坡高 30 m 以下所有坡率，或坡高 20 m 下 $80^\circ \sim 90^\circ$ 坡率	交通中断，在恢复前不能通行，大面积清理掩埋体，岩质边坡需修复路面结构	$L_b > D/2$
坡高 40 m 和 50 m 下对应的所有坡率	交通中断时间最长，车辆在恢复前不能通行，整个路幅清理掩埋体，岩质边坡需修复路面结构	$L_b \geq D$

附 录 D
(资料性)
崩塌影响范围估算

D.1 崩塌灾害影响范围确定

a) 在不考虑崩塌体在下落过程中的跳跃、翻滚及相互撞击的情况下如图 D.1 所示，按式(D.1)粗略地计算堆积体宽度 B：

$$B = \sqrt{\frac{2V \sin(\beta - \alpha)}{L \sin \beta \sin \alpha}} = \lambda \sqrt{\frac{2V}{L}} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：
V——崩塌体的体积；
α ——松散堆积物的天然休止角；
β ——边坡坡角；
L——堆积体堆积长度；
B——堆积体侵占路基的宽度。

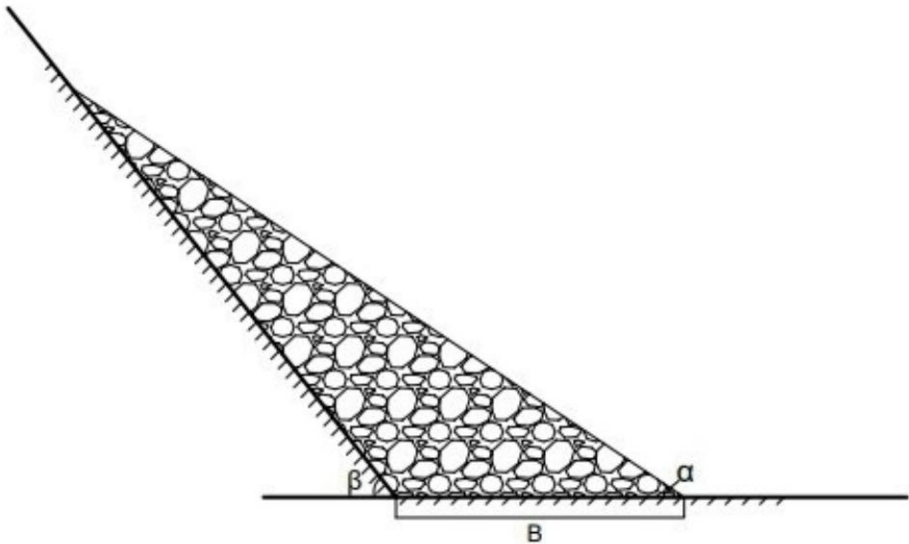


图 D.1 堆积体侵占路基宽度

注：崩塌体的体积V、堆积体堆积长度为L可以通过现场调查估计确定，边坡坡角β可以通过现场测量获得，松散堆积物的天然休止角α可以根据松散堆积物的类型查阅相关资料确定，一般为33°～37°

b) 本文件取休止角 33°计算出系数λ，见表 D.1。此计算方法一般适用于层状结构、碎裂结构及松散结构的边坡。

表 D.1 λ 取值表

坡率 β	1:1.25	1:1	1:0.75	1:0.5	1:0.25	1:0.1
λ	0.67	0.74	0.89	1.02	1.14	1.20

c) 若崩塌单个岩块体积较大,计算宜采用图 D.2 所示简化边坡形态模型,并用简化经验公式(D.2)计算崩落距离。

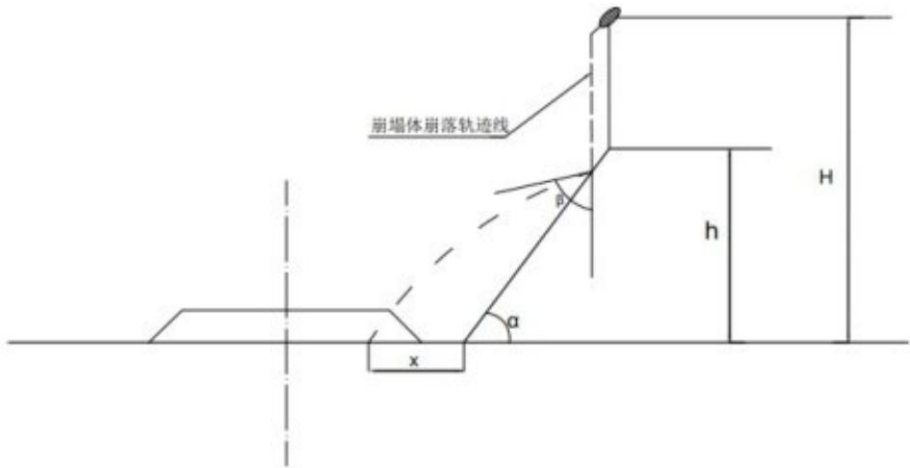


图 D.2 简化边坡结构模型

$$x = \frac{\alpha + 45^\circ}{45^\circ} H \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：
x——崩塌体崩落距离；
 α ——边坡坡度；
H——落石高度。

d) 崩落距离可以按照表 D.2 中边坡坡度 α 和崩塌体高度 H 的取值直接查询。

表 D.2 边坡崩塌体崩落距离

单位为:m

边坡高度 边坡坡度	12	20	30	40	50
90°	3.5	6.0	12.0	12.0	15.0
80°	3.5	5.5	8.0	11.0	14.0
70°	3.0	5.0	7.5	10.0	13.0
60°	2.5	4.5	7.0	9.0	12.0
50°	2.6	4.0	6.5	8.5	11.5
40°	2.5	4.0	6.0	8.0	10.0

表 D.4 岩质边坡滑坡隐患现场调查表

填表时间：

单位：

填表人：

复核：

灾害点概况	路线编号			路基宽度	
	道路等级			路面类型	
	起点桩号			终点桩号	
危险性评价	地层岩性	☐ 极硬岩 ☐ 坚硬岩 ☐ 较硬岩 ☐ 软岩 ☐ 极软岩 取值：__			
	岩体结构	☐ 整体结构 ☐ 块状结构 ☐ 碎裂结构 ☐ 反倾层状结构 ☐ 斜交层状结构 ☐ 水平层状结构 ☐ 顺倾层状结构 取值：__			
	坡高	取值：__	年平均降水量	取值：__	
	公路位置	☐ 滑坡体上部 ☐ 滑坡体下部 ☐ 滑坡体 取值：__			
	滑坡地形特征	☐ 滑坡地形不明显 ☐ 滑坡地形较明显 ☐ 滑坡地形明显 取值：__			
	变形特征	☐ 无变形迹象 ☐ 最大裂缝宽度<5cm ☐ 最大裂缝宽度 5 cm~10 cm ☐ 最大裂缝宽度 10 cm~15 cm ☐ 最大裂缝宽度>15cm 取值：__			
	风化程度	☐ 微风化 ☐ 弱风化 ☐ 中度风化 ☐ 强风化 ☐ 全风化 取值：__			
	防护	☐ 无防护 ☐ 中等防护 ☐ 完善 已有防护形式____ 取值：__			
	地下水	☐ 缺乏 ☐ 少量痕迹 ☐ 大面积潮湿 ☐ 明显渗出 ☐ 有水流 取值：__			
	H			P	
	危险性等级				
期望损失评价	直接经济损失	灾害体规模		抢险费用 L_1	
		边坡治理费用 L_2		灾害影响范围	
		平均落差		灾度	
		承灾体损失率		路产总值	
		放大系数		路产损失 L_3	
		直接经济损失值		直接经济损失等级	
	间接损失（交通影响）	交通中断时间		便道通行时间	
		交通影响等级			
期望损失等级					
风险评价	风险等级				
对策概要					
调查人员					

表 D.5 土质边坡滑坡隐患现场调查表

填表时间： 单位： 填表人： 复核：

灾害点概况	路线编号			路基宽度		
	道路等级			路面类型		
	起点桩号			终点桩号		
危险性评价	土质	☐ 黄土 ☐ 堆积层 ☐ 膨胀土 取值：__				
	坡高	取值：__		坡度差	取值：__	
	年平均降水量	☐ 滑坡体上部 ☐ 滑坡体下部 ☐ 滑坡体 取值：__				
	变形特征	☐ 无变形迹象 ☐ 最大裂缝宽度<5cm ☐ 最大裂缝宽度 5 cm~10 cm ☐ 最大裂缝宽度 10 cm~15 cm ☐ 最大裂缝宽度>15cm 取值：__				
	植被覆盖	☐ 植被条件很好 ☐ 植被条件较好 ☐ 植被条件一般 ☐ 植被条件较差 ☐ 无植被 取值：__				
	防护	☐ 无防护 ☐ 中等防护 ☐ 完善 已有防护形式____ 取值：__				
	地下水	☐ 缺乏 ☐ 少量痕迹 ☐ 大面积潮湿 ☐ 明显渗出 ☐ 有水流 取值：__				
	H			P		
	危险性等级					
期望损失评价	直接经济损失	灾害体规模		抢险费用 L_1		
		边坡治理费用 L_2		灾害影响范围		
		平均落差		路产损失 L_3		
		直接经济损失值		直接经济损失等级		
	间接损失（交通影响）	交通中断时间		便道通行时间		
		交通影响等级				
期望损失等级						
风险评价	风险等级					
对策概要						
调查人员						

表 D.6 边坡风险评估汇总表

填表时间：

单位：

填表人：

复核：

序号	路线名称	起止桩号	长度(m)	岩质 / 土质	灾害类型	危险性等级 / 概率	直接经济损失/等级	预估交通中断时间	预估便道通行时间	交通影响等级	风险量/风险等级	对策建议概要
1												
2												
3												
4												
5												

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 高速公路路堑高边坡工程施工安全风险评估指南.2014 年 12 月
-