

公路上边坡灾害风险评估指南

Guidelines of Risk Assessment of Highway Upper Slope Hazards

陕西省公路局
长安大学 主编

2



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

公路上边坡灾害风险评估指南

Guidelines of Risk Assessment of Highway Upper Slope Hazards

陕西省公路局
长安大学 主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

图书在版编目(CIP)数据

公路上边坡灾害风险评估指南 / 陕西省公路局, 长安大学主编. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019. 7

ISBN 978-7-114-15606-9

I. ①公… II. ①陕… ②长… III. ①公路路基—边坡—地质灾害—风险评价—陕西—指南 IV. ①U418.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 112772 号

书 名: 公路上边坡灾害风险评估指南

著 作 者: 陕西省公路局 长安大学

责任编辑: 任雪莲

责任校对: 赵媛媛

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 880 × 1230 1/16

印 张: 2.75

字 数: 54 千

版 次: 2019 年 7 月 第 1 版

印 次: 2019 年 7 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-15606-9

定 价: 28.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

编委会

主编单位：陕西省公路局 长安大学

参编单位：汉中公路管理局

主 编：朱 钰

副 主 编：李家春 赵 菲 郭庆利

编写人员：齐洪亮 张 杰 陈国龙 秦 军 赵 峰 李朋丽

张 萌 董丁明 张艳杰 高海军 欧阳海霞 涂 静

杜锋涛 刘 芸 康 晨 权雪红

顾 问：金宏忠 田伟平 宋成志

前 言

公路上边坡病害或灾害数量多,对交通安全危害大。本指南是在陕西省干线公路地质灾害隐患排查及风险评估实践基础上,结合长安大学相关科研成果编写而成。本指南针对公路上边坡灾害特点,从风险的两个评价要素出发,提出危险性评价和期望损失评价体系,建立了风险评估标准,为边坡安全风险对策制定和养护管理决策提供科学依据。评估标准在陕北的沿黄公路、陕南的国道 316 等路段得到应用,评估结果基本客观反映了边坡的实际状况。

本指南立足陕西,其中的岩土类型有地方特色,但评估思路和方法可供全国借鉴。由于边坡地质条件复杂多样,所处环境各异,评估指标及取值标准必然存在不足之处,在使用中如遇问题或有合理建议,请发邮件至: chdlijichun@126.com。

编 者

2019 年 5 月

目 次

1	总则	1
2	术语与定义	2
3	风险评估标准	5
3.1	风险构成	5
3.2	风险量化与分级	5
3.3	危险性定量与分级	6
3.4	期望损失定量与分级	7
3.5	边坡风险评估要求	7
4	现场调查初步评估	8
4.1	崩塌类破坏	8
4.2	滑坡类破坏	9
5	危险性评估	11
5.1	指标体系法	11
5.2	专家调查法	19
6	期望损失评估	21
6.1	概述	21
6.2	灾害体规模分析	21
6.3	直接经济损失评估	21
6.4	交通影响程度	26
6.5	期望损失等级评定	28
7	风险控制	29
7.1	风险可接受水平	29
7.2	风险对策	29
8	风险评估报告	32
8.1	一般要求	32
8.2	编写内容	32
8.3	评估报告的评审	33
	附录	34
	附表1 岩质边坡崩塌隐患现场调查表	34
	附表2 岩质边坡滑坡隐患现场调查表	35
	附表3 土质边坡滑塌隐患现场调查表	36
	附表4 边坡风险评估汇总表	37

1 总则

1.0.1 为规范和指导工程人员进行干线公路上边坡地质灾害风险评估,采取科学合理的风险控制对策,预防为主,有效避免或减少边坡失稳对公路交通的影响,保障公路交通及路产安全,特编制本指南。本指南适用于陕西省干线公路上边坡工程,其他省份同类工程可参考应用。

1.0.2 对陕西省境内国省干线公路上的存在隐患的边坡,应进行风险评估,制订风险对策。应根据日常养护巡察及边坡稳定性动态,初选出隐患边坡,从而减少风险评估工作量。

1.0.3 边坡地质灾害是动态变化的自然过程,边坡状态数据及风险评估也是动态的,应对边坡地质灾害实行动态管理,逐步建立完善的灾害预防管理体系。

1.0.4 边坡风险由灾害危险性和期望损失构成,均采用五级分级制。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。

1.0.5 边坡灾害风险评估工作是在现场调查、测试及资料收集的基础上,用科学的方法分析计算得到风险量化分级的过程。应重视野外数据的采集,数据采集的手段包括现场地质调绘、常规地面测量、航拍等,尽量采用高效可靠的定量方法。

1.0.6 风险评估的原则是“标准统一,数据可靠,科学合理,客观公正”。

1.0.7 影响边坡地质灾害风险的因素多,作用复杂,本指南推荐了多种风险评估方法,可根据工作条件或资料收集情况选用。

1.0.8 进行边坡地质灾害风险评估工作,除应符合本指南的规定外,尚应符合国家和行业有关标准、规范的规定。

2 术语与定义

2.1 上边坡

为修建公路,由人工开挖形成的位于公路上侧的边坡,以及对公路交通安全有影响的上侧斜坡。

2.2 边坡地质灾害

边坡落石、崩塌、坍塌、滑塌、滑坡等失稳破坏的总称。本指南中主要指可能造成公路财产损失、交通受阻、车辆受损及人员伤亡的边坡破坏事件。

2.3 崩塌

高陡边坡岩土体以倾倒、崩落、滚石等方式破坏,影响公路交通安全的地质灾害。

2.4 滑坡

边坡岩土体沿固定的滑动面(软弱结构面)向下滑动破坏,影响公路交通安全的地质灾害。

2.5 坍塌

土质(或强风化岩质)边坡坡率大于能够自稳的坡率,在降雨、融雪等诱发条件下发生的边坡滑动破坏。

2.6 灾害危险性

边坡发生失稳破坏的可能性或概率,是灾害的自然属性。本指南中的“发生可能性”是指近5年发生的概率。

2.7 岩体结构

边坡岩体结构面与岩块空间分布和组合的宏观形式,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。

2.8 期望损失

灾害可能造成损失的期望值,一般通过损失评估量化。损失包括直接损失和间接损失。

2.9 直接损失

边坡灾害直接造成的公路财产损失量、交通工具损失量、人员伤亡数量,还包括抢险修复增加的费用。

2.10 间接损失

因影响交通或造成交通中断而引起的交通运输成本增加值,以及因此造成的社会经济产值的减少。本指南用“交通影响程度”表示间接损失。

2.11 风险

边坡灾害发生的可能性和期望损失的组合。

2.12 风险评估

对上边坡灾害进行识别、分析、估测、提出对策的一系列工作,是指免除了不可接受风险的状态。

2.13 风险识别

通过现场观察和调查,判断边坡潜在破坏类型及初估危害的过程。

2.14 风险管理

对风险进行识别、评估以及制订风险对策、执行对策的全过程管理。

2.15 风险控制

根据风险的性质和现有技术经济水平,将风险控制在可接受范围内的工程和管理措施。

2.16 风险自留

对无法消除或避免的轻微风险,不采取工程或管理措施的风险对策。

2.17 综合减灾

减少灾害活动的频次和减轻灾害破坏损失。应注意防灾、抗灾、救灾相结合,工程减灾与非工程减灾相结合,行政手段与法律手段、经济手段相结合,减灾与环境治理相结合,减灾与社会经济发展相结合。

2.18 风险可接受水平

在确定的技术经济条件下,经过长期积累或反复验证并被相关人群或组织接受的风险值上限。

2.19 防灾减灾效益

一般用损益比表示,即减少灾害损失量与防灾减灾投资的比值。

3 风险评估标准

3.1 风险构成

边坡灾害风险是指未来边坡灾害发生的可能性及后果,常用发生的不确定性和预期损失表示。发生的不确定性也称为危险性,常用发生概率表示,不能完全量化时则以危险等级表示。而预期损失是指平均意义上造成的直接损失和间接损失。

构成风险的两个要素,即危险性与期望损失,是风险评估的核心内容,如图 3.1 所示。

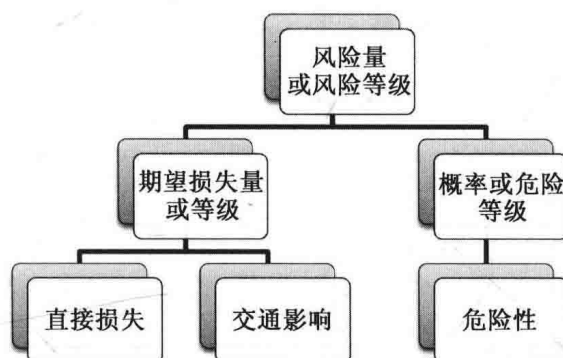


图 3.1 风险构成

3.2 风险量化与分级

3.2.1 风险量化

为量化风险,本指南将风险量定义为危险性与期望损失的乘积,如式(3.1)所示。

$$R = P \times L \quad (3.1)$$

式中: R ——风险量;

P ——危险性(概率),见本指南“5 危险性评估”;

L ——期望损失(元),见本指南“6 期望损失评估”。

当同一边坡存在多种破坏方式或规模时,应叠加计算,如式(3.2)所示。

$$R = \sum (P_i \times L_i) \quad (3.2)$$

式中: P_i ——第 i 种破坏的危险性(概率);

L_i ——第 i 种破坏的期望损失(元)。

3.2.2 风险等级

将风险按风险量分为五个等级:极高风险,高风险,中等风险,低风险,极低风险。各级含义如下:

五级(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。

四级(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。

三级(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,或可能性及灾害损失均为中等。

二级(低风险):发生可能性较小,灾害损失较小。

一级(极低风险):发生可能性很小,后果也较轻微。

在分析风险等级时,先分别独立地进行危险性分级和后果严重程度分级,然后按风险矩阵表(表 3.1)确定风险等级。

表 3.1 风险矩阵

可能性		后果严重程度				
		可忽略	较小	中等	较大	灾难性
		1	2	3	4	5
A	几乎肯定	三	四	四	五	五
B	很可能	二	三	四	四	五
C	有可能	二	二	三	四	四
D	不太可能	一	二	二	三	四
E	很罕见	一	一	二	二	三

3.3 危险性定量与分级

本指南用危险性表示近期(5年)灾害发生的可能性,在条件允许时计算出发生的概率,如果数据不充分,不足以计算出概率值,则通过评估的方法进行危险等级划分。划分标准如表 3.2 所示。

表 3.2 上边坡地质灾害危险分级标准

危险等级	概率 P	可能性
等级 V (极高危险)	≥ 0.50	几乎肯定
等级 IV (高度危险)	0.25 ~ 0.50	很可能
等级 III (中度危险)	0.10 ~ 0.25	有可能
等级 II (低度危险)	0.05 ~ 0.10	不太可能
等级 I (极低危险)	< 0.05	很罕见

3.4 期望损失定量与分级

直接损失应量化估计,对交通的影响主要考虑交通中断时间和恢复交通时间,期望损失分级标准如表 3.3 所示。损失分级从高向低判断,只要满足两个指标中的一个即定为该损失等级。

表 3.3 期望损失分级标准

损失等级		直接经济损失(万元)	影响交通
5	灾难性	>1000	中断 24h 以上,或便道通行 3d 以上
4	较大	500 ~ 1000	中断 12h 以上,或便道通行 3d 以内
3	中等	100 ~ 500	中断 6h 以上,或便道通行 1d 以内
2	较小	10 ~ 100	不中断交通,或半幅通行 6h 以内
1	可忽略	<10	几乎不影响交通

3.5 边坡风险评估要求

3.5.1 评估对象选择

开展边坡风险评估之前,应根据日常养护巡察及边坡稳定性动态,初选出存在隐患的边坡,从而减少风险评估工作量。隐患排查的依据可参考本指南中给出的评估指标。

边坡评估单元划分以桩号和稳定条件相近为原则,一般以上边坡冲沟为界。同一段挖方边坡如果较长,可根据工程地质条件分为若干段分别进行评估。

评估工作可按行政区划或路线分别进行,再汇总形成评估报告。

3.5.2 评估数据来源

风险评估所用数据必须来源可靠,大部分数据需要通过现场调查、测量获得,基础数据可通过查阅公路勘察设计文件、施工验收文件获得。

3.5.3 评估机构及流程

风险评估是专业性很强的技术工作,要求评估机构具备相应能力。

4 现场调查初步评估

现场调查初步评估主要由各养护单位专业技术人员对一些简单要素(能收集的)进行调查评估, 主要根据灾害发育程度和灾害体规模评估, 评估依据以变形破坏迹象为主。

4.1 崩塌类破坏

4.1.1 上边坡崩塌类破坏包括崩塌、落石等。

4.1.2 岩质上边坡崩塌类灾害危险性初评指标及取值见表 4.1。表中“主裂缝”是指控制危险体稳定性的后缘垂直裂缝。

表 4.1 岩质上边坡崩塌、落石灾害危险性初评表

评估指标	分 级	基本分值 X_i		权重系数 W_i	评估分值 $H_i = X_i W_i$	备注
		分值	取值			
坡高(m)	<15	1		0.10		
	15~30	3				
	30~50	5				
	50~70	7				
	>70	9				
坡率	<1:0.75	1		0.10		
	1:0.75~1:0.5	3				
	1:0.5~1:0.25	5				
	1:0.25~1:0	7				
	>1:0	9				
变形特征	无变形迹象	1		0.10		
	主裂缝宽度 <5cm	3				
	主裂缝宽度 5~10cm	5				
	主裂缝宽度 10~15cm	7				
	主裂缝宽度 >15cm	9				

续上表

评估指标	分 级		基本分值 X_i		权重系数 W_i	评估分值 $H_i = X_i W_i$	备注
			分值	取值			
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(m^3)	< 10		1		0.25		
	10 ~ 100		3				
	100 ~ 500		5				
	500 ~ 1000		7				
	> 1000		9				
评估结果	评估分值 $H = \sum X_i W_i$	V级: ≥ 8 IV级: 6 ~ 8 III级: 4 ~ 6 II级: 2 ~ 4 I级: < 2	等级		防治建议		

4.2 滑坡类破坏

4.2.1 滑坡类破坏包括边坡的滑坡、滑塌、坍塌等。

4.2.2 上边坡滑坡类灾害危险性初评指标及取值见表 4.2。

表 4.2 上边坡滑坡类灾害危险性初步评估表

评估指标	分 级		基本分值 X_i		权重系数 W_i	评估分值 $H_i = X_i W_i$	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				
	特征特别明显		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				

续上表

评估指标	分级		基本分值 X_i		权重系数 W_i	评估分值 $H_i = X_i W_i$	备注
			分值	取值			
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	无		1		0.15		
	轻微		5				
	明显		7				
	严重		9				
体积 (m ³)	<100		1		0.30		
	100~500		3				
	500~1000		5				
	1000~5000		7				
	>5000		9				
评估结果	评估分值 $H = \sum X_i W_i$	V级: ≥ 6.5	等级		防治建议		
		IV级: 5.5~6.5					
		III级: 4~5.5					
		II级: 2.5~4					
		I级: <2.5					

5 危险性评估

本指南中的灾害危险性是指公路交通遭受边坡灾害造成损失的可能性,用概率量化表示。对公路上边坡灾害进行危险性评估,就是计算或分析获得灾害发生的可能性大小。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,为方便操作和加快评估进度,目前推荐使用指标体系法。评估结果可用概率表示,也可用危险等级表示。

5.1 指标体系法

通过研究,陕西省上边坡灾害主要可分为岩质和土质两类。岩质类上边坡灾害包括崩塌落石、滑坡;土质类上边坡灾害主要包括坍塌、滑坡。结合大量数据统计和分析灾害成因机理,对岩质边坡崩塌落石、岩质边坡滑坡和土质边坡滑塌这三类灾害分别选择了相应的评估指标,建立危险性评估指标体系。

5.1.1 指标体系法危险性评估工作流程

用指标体系法进行危险性评估工作的流程如图 5.1 所示。

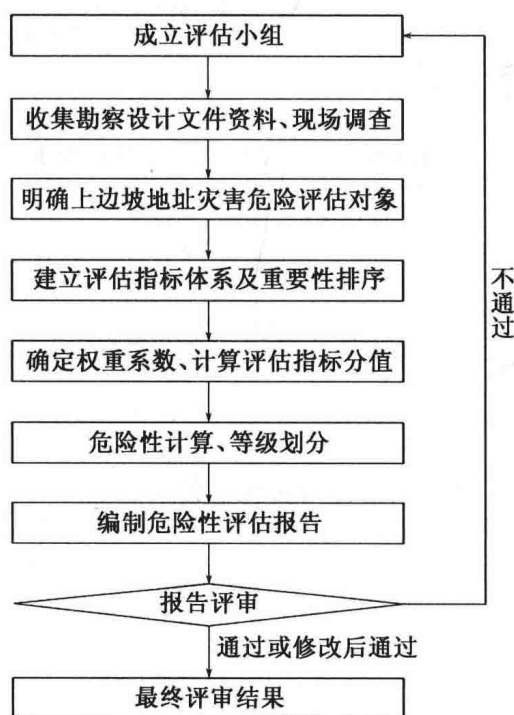


图 5.1 指标体系法危险评估流程图