维普资讯 http://www.cqvip.com

山区公路崩塌地质灾害评判模型研究

胡存亮

(张承高速公路张家口管理处，河北 张家口 075000)

摘要：应用黄金分割法建立公路崩塌地质灾害发生的评判模型，可以提高对公路地质灾害的预测预警能力和防治水平。

关键词：山区公路；崩塌地质灾害；评判模型

中图分类号：U457.2　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1002-4786(2007)07-0053-04

Rock Fall Evaluation Model in Mountain Highway

HU Cun-liang

(Zhangjiakou-Chengde Highway Zhangjiakou Administration Department, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract: Fibonacci method is applied for developing rock fall evaluation model, so that improve the prediction capacity and prevention level of highway geological disasters.

Key words: mountain highway; rock fall disaster; evaluation model

1 概述

崩塌是山区公路边坡常见的地质灾害类型之一。地质灾害的产生与发展不仅受地貌条件、岩性条件、构造条件、诱发因素等影响，而且具有其特殊性。地质灾害的发生是内部控制条件、外部诱发因素(人为、自然的)等多种因素综合作用的结果。在以经济建设为中心的今天，人们更关心的是：在不同发育程度、不同危险性的地区，在特定的地质环境背景条件下，可能会发生什么样的灾害及其发生的可能性。这就需要我们根据实际情况建立评判

紧窗口以防矿粉丢失。此过程对投料工人要严格要求，避免出现多投和漏投的现象。干拌时加入纤维时间为25s，然后加入沥青再湿拌30s，拌和温度宜控制在150℃~160℃之间，取混合料进行油石比和筛分试验，其结果与生产配合比相吻合，所生产出的沥青混合料在试验段上铺筑，效果较好。

4 施工质量控制与检验

在整个施工过程中的每个环节上都有试验质检人员参与，并保证做到随施工随检测，发现问题及时反映解决。由于抓好了施工中的各个重要环节，严格控制工程质量，试验检查结果显示，各项数据均已达到设计要求，例如压实度为98.8%，平整度为0.7mm，厚度为4.10cm，取得了较好的施工效果。

5 加纤维沥青混凝土的施工与注意事项

加纤维沥青混凝土与传统沥青混凝土施工方法基本相同，只是特别强调以下几点：

a)为充分发挥纤维的作用，将拌和温度、碾压温度均提高10℃以上效果较好，拌和时间应适当延长10s；

b)加纤维后沥青混合料粘稠度增大，应在普通沥青混合料碾压遍数基础上增加1~2遍，或提高摊铺碾压温度，压路机紧跟摊铺机，避免温度下降过快，使其达到最佳的压实效果；

c)由于纤维的加入，延长了拌和时间，产量低，进度慢，造成工期延长，另外气温变化对保证压实度和平整度十分不利，所以进行施工前必须考虑拌和设备能力及机械组合能力，为沥青面层施工留出充足的时间；

d)原材料中的碎石宜先用鄂式破碎机加工后再用锤式破碎二次加工，这样效果更好，矿粉0.075

维普资讯 http://www.cqvip.com

模型，对具体灾害点是否会发生及其可能性进行判断。在整个判断过程中并不侧重于地质灾害机理的严格数学表达，其重点在于对地质灾害与其地质环境因素和外界作用因素(诱发因素)相互影响的宏观调查与统计，强调的是各种内外因素组合对地质灾害发生的综合作用。

本文以河北省境内山区公路边坡常见的崩塌地质灾害为例，采用黄金分割法初步探讨地质灾害发生的评判模型，目的是提高公路地质灾害的预测预警能力和防治水平。

2 崩塌灾害发生评判模型

2.1 评价因子的选取

根据对崩塌灾害的详细分析，控制和影响崩塌的因素可分为地质环境因子和诱发因子，前者包括地形、地层岩性、结构面的发育状况、斜坡结构、风化作用程度、所处的地质构造部位等，后者包括地震、水对坡体的作用和人类工程活动等。另外岩体的破坏变形迹象也对崩塌产生的可能性具有重要影响。各种评价因子详见表1。

表1 崩塌灾害评价因子分类表

评价要素	地质环境因子	地形	坡度坡高
		地层岩性	类型
		软弱基座特征	厚度及差异风化状况
		风化作用程度	岩体破碎及裂隙发育程度
		结构面特征(密度、倾向)	结构面、浊蚀面及组合特征
		所处的地质构造部位	是否有断层
	诱发因子	水对坡体作用	
		地震	爆破
		人类工程活动	人工切坡
	变形破坏的迹象		

2.2 评价因子的分类和分级

2.2.1 地形因子

地形因子可分为两类，即斜坡坡度和斜坡坡高：

a)斜坡坡度：主要受人工路堑边坡开挖的影响，根据调查资料显示(见表2)，95%以上的崩塌分布在40°~95°的坡度范围内，坡度越大，发生崩塌的次数越多；

表2 边坡按坡度分类表

斜坡类型	坡度(°)	崩塌发育情况
Ⅰ	<40	极少崩塌发生
Ⅱ	40~50	少量崩塌产生
Ⅲ	50~70	较多崩塌产生
Ⅳ	>70	大量崩塌产生

b)斜坡高度：边坡的高度一般大于5m，边坡越高，发生崩塌的可能性就越大，因此根据调查统计结果，将边坡按相对高差分为三级(见表3)。

表3 边坡按坡高分类表

斜坡类型	坡度(m)	崩塌发育情况
低坡	<10	崩塌发生较少
中坡	10~25	崩塌发生较多
高坡	>25	大量崩塌发生

2.2.2 地层岩性因子

对河北省500个崩塌落石样本点的岩性进行统计分析，其统计结果如表4所示。

表4 岩性与崩塌落石的关系

项目 \ 岩性	花岗岩闪长岩	灰岩、砂岩、砾岩	片麻岩	正长岩	砂质泥岩	页岩
崩塌落石数	24	24	10	7	5	3
百分比(%)	33	33	14	9	7	4

从表中可以看出，坚硬的或较坚硬的脆性岩石，在构成陡峻的边坡后，节理易发育，易于导致崩塌落石的发生；相反，由较软的柔性岩石、泥

mm通过率宜控制在80%以上；

e)要从原材料堆放、运料车放料、路面铺筑以及混合料保温等环节入手，减少离析现象的发生。

6 结语

与传统的沥青混凝土相比，德兰尼特AS纤维沥青混凝土因提高了高温稳定性(抗车辙能力)、低温抗裂性和抗疲劳能力，故此被形象地称为加强筋沥青混凝土。经过两年多来的行车使用观测，其路面质量和使用性能良好，收到了令人满意的效果。由于沥青混凝土掺加德兰尼特纤维的应用尚属首次，经验不足，还需在以后的实践中不断积累，总结经验，进一步改进和提高工艺措施，使这项技术得到更好的推广应用。

参考文献

[1] 刘中林，等. 高等级公路沥青混凝土路面新技术[M]. 北京：人民交通出版社，2002.

[2] JTJ 032-94，公路沥青路面施工技术规范[S].

作者简历：滕亚民(1963-)，男，高级工程师，长期从事道路与桥梁的施工与管理工作。

收稿日期：2006-11-03

维普资讯 http://www.cqvip.com

岩、页岩等构成的边坡发生的崩塌频率较少，仅有8处，只占崩塌落石总数的11%。由此可见，地层岩性与崩塌关系极为密切。

因此在崩塌评判模型中，按易崩程度，可将地层分为三类，如表5所示。

表5 地层按易崩程度的分类

类型	地层	崩塌发生情况
易崩地层	花岗岩、灰岩、砂岩、砾岩	极容易发生崩塌
中易崩地层	板岩、闪长岩、片麻岩	较易发生崩塌
偶崩地层	页岩、砂质泥岩、石英岩	偶发崩塌

2.2.3 软弱基座因子

在软硬夹层地区，软弱夹层的发育程度对岩体的稳定性有直接影响，例如坚硬石灰岩中夹薄层的泥灰岩、页岩等，坚硬的砂、砾岩中夹薄层的页岩、粘土层等，在构造运动和地下、地表水的作用下，易产生泥化，这对岩体的稳定性是十分不利的。根据软弱层的厚度及差异，岩体风化情况可分为三级：a)Ⅰ级 有较厚且连续分布的软弱基座，差异风化严重，已形成凹岩腔；b)Ⅱ级 软弱基座厚度小且不连续(小于30cm)，有轻微差异风化；c)Ⅲ级 无软弱基座。

2.2.4 岩体风化程度因子

岩体风化程度可从岩体表面风化破碎程度和裂缝深度两因子来进行评价，从而分为三级：a)Ⅰ级 风化作用强烈地区，岩体表面破碎严重，常有大量岩屑堆积于坡脚，裂缝较宽，可以用肉眼辨别；b)Ⅱ级 风化作用一般地区，岩石表面轻微破碎，裂缝断续发育，不易被发现；c)Ⅲ级 风化作用较弱地区，岩体较完整，裂缝发育不明显。

2.2.5 结构面及节理特征因子

根据结构面的密度和倾向特征及交叉节理系统的节理组数目，岩体可以分为三级：a)Ⅰ级 结构面间距小于60mm，且倾角陡立或与边坡坡角相近，节理3组以上，以风化型和构造型为主，多数间距小于20mm，以张性节理为主，一般有充填物；b)Ⅱ级 结构面间距大于60mm，以水平或微倾坡外结构面为主，节理2~3组，多数间距小于40mm；c)Ⅲ级 结构面倾向坡内，节理组数目较少，一般1~2组，多为构造型密闭节理。

2.2.6 地质构造作用因子

根据坡体所处的地质构造部分，地质构造作用因子可分为两级：a)Ⅰ级 处于断层破碎带、背斜构造或遭受强烈挤压的向斜地区；b)Ⅱ级 处于其他部位。

2.2.7 水作用因子

根据水作用的程度，可将水作用因子划分为：水作用强烈、水作用一般、水作用较小三类。

2.2.8 地震作用因子

根据我省地震的分布规律及崩塌灾害分布的地区，把地震作用因子分为三级：稳定区(经常有地震发生的地区)、次稳定区(偶有地震发生的地区)和不稳定区(很少有地震发生的地区)。

2.2.9 人类工程活动因子

人类工程活动因子主要是考虑人工开挖坡角及爆破振动的影响。根据我省干线公路修建过程中边坡开挖情况，把这种影响作用分为两级：a)Ⅰ级 大规模的开挖及爆破；b)Ⅱ级 较小规模的人工开挖或切坡或轻微局部扰动。

2.2.10 变形破坏迹象因子

变形破坏迹象因子划分为三级：a)Ⅰ级 有开裂及局部崩落现象；b)Ⅱ级 有局部变形及零星滚石；c)Ⅲ级 变形破坏迹象轻微。

2.3 评价因子的赋值

影响坡体稳定的因子很多，远不止上述所选择的三大类(十个因子)，但就其影响程度，它们较其他因素影响程度大。由于不同的因子对坡体的影响程度是不一样的，如何确定它们在坡体稳定评判中的权重是一个亟待解决的问题。许多专家认为黄金分割原理普遍存在于人们分析认识问题的过程中，如在分析某些现象的成因时，作用大的因子与作用小的因子之间的作用比就遵循黄金分割原理，所以可以采取黄金分割法来确定影响坡体稳定性诸要素的权值。同时当无法判定因子作用大小的情况下，也可采用平均赋值法。

由前所述，在一级评价因子作用中有内部条件、外部条件、斜坡变形现状。在此我们综合黄金分割法和平均赋值法两种方法建立评判模型，对能确定作用大小的一级因子采用黄金分割法；对难以判定作用大小的二级评价因子采用平均赋值法；对三级评价因子采用黄金分割法。

假定内部条件的作用赋值为10，按黄金分割理论，外部条件应赋值为6.18，斜坡变形现状赋值为3.82，对二、三级评价因子的赋值见表6。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表6 崩塌灾害发生的判别评价因子赋值表

	一级因子	二级因子		三级评价因子	赋值
评价要素	地质环境因子(10)	地形(2)	坡度(1)	Ⅰ	1
				Ⅱ	0.618
				Ⅲ	0.382
				Ⅳ	0.236
			坡高(1)	Ⅰ	1
				Ⅱ	0.618
				Ⅲ	0.382
		地层岩性(2)		易崩	2
				中易崩	1.236
				偶崩	0.764
		软弱基座特征(2)		Ⅰ	2
				Ⅱ	1.236
				Ⅲ	0~0.764
		岩体风化程度(2)		强风化	2
				中风化	1.236
				弱风化	0~0.764
		岩体结构面及节理特征(2)		Ⅰ	2
				Ⅱ	1.236
				Ⅲ	0.764
		所处地质构造部位(2)		Ⅰ	2
				Ⅱ	0~1.236
	诱发因子(6.18)	水的作用(2.06)		强烈	2.06
				一般	1.273
				较小	0.787
		地震(2.06)		Ⅰ	2.06
				Ⅱ	1.273
				Ⅲ	0~0.787
		人类工程活动(2.06)		Ⅰ	2.06
				Ⅱ	0~1.273
		斜坡变形现状(3.82)		Ⅰ	3.82
				Ⅱ	2.36
				Ⅲ	0~1.458

2.4 崩塌发生评判模型

斜坡的危险性是指斜坡发生灾害的可能性，危险度则指该可能性的大小，斜坡发生崩塌的危险度定义为：

$$T=\sum_{i,j} B_j^i \quad (i=1,2,\cdots,10;\ j=1,2,3,4)$$

式中，B_j^i表示某一评价因子的某一赋值，其中i为11个二级评价因子之一，j为对应的某一个三级因子作用程度分级之一。

对任何一处斜坡都可根据表6所列的评价因子赋值表来确定可描述其特征的评价因子的取值，并利用上述公式可得其发生崩塌的危险度T，然后对其进行归一化处理，即除以因子赋值的总和20，则得到转变为发生滑坡的危险度TD：

$$TD=T/20$$

2.5 危险度分级标准

根据调查的地质资料和模型计算结果，可把边坡危险度分为三级：

a)极不稳定边坡：把边坡破坏迹象显著，有开裂或局部崩落现象，经常发生病害掩埋公路，并且危险度TD>0.70的边坡划为极不稳定边坡；

b)不稳定边坡：把边坡变形迹象较小，有局部变形或零星落石，偶尔发生病害的路段，并且危险度0.35≤TD≤0.70的边坡划定为不稳定边坡；

c)稳定边坡：把边坡变形迹象轻微，地质条件好、风化程度轻，没有发生过病害，或新修了防护措施的边坡，并且危险度TD<0.35划为稳定边坡。

3 模型检验

现以河北省山区公路边坡常见的崩塌地质灾害为研究对象，探讨用黄金分割法建立评价模型的可行性。河北省山区干线公路里程长，分布广，统计一条或几条线路上发生的崩塌灾害，对其进行危险度计算不能够全面地代表河北省山区崩塌的总体情况。为了能够达到以点代面，全面评价公路崩塌地质灾害的危险度的目的，从207国道、107国道、唐山迁唐线、承德出海路、平青乐线、251省道、101国道、244省道、112国道、353省道等多条干线公路地质资料中总共选取73个崩塌落石样本点作为评判模型校验的数据来源。在选取过程中充分考虑了公路的密度、里程和沿线的地质情况，以期达到理想的评判效果。通过计算得73个样点危险度的值在0.232~1之间，具体结果见表7。

表7 崩塌危险度计算结果

危险度值(T)	<0.35	0.35~0.7	>0.7
边坡状态	稳定边坡	不稳定边坡	极不稳定边坡
样点数	20	35	18
百分比	27	48	25

对于野外调查中显示的一些地质、环境条件较差，并且经常发生病害的边坡，由评价模型计算得出的危险度也比较大，这说明计算结果基本与客观事实吻合。

参考文献

[1] JTJ 064-98，公路工程地质勘察规范[S].
[2] 张咸恭. 工程地质学[M]. 北京：地质出版社，1979.

作者简介：胡存亮(1962-)，男，工程师，从事道桥工程技术工作。

收稿日期：2007-02-27