

文章编号:1671-8879(2006)02-0027-04

# 公路边坡水毁灾害等级快速评估方法

李家春<sup>1</sup>, 田伟平<sup>1</sup>, 陈建壮<sup>2</sup>

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 新疆维吾尔自治区交通厅, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**通过对陕西、四川两省公路边坡水毁的调查分析,指出边坡水毁对公路交通的影响较大,是引发交通中断的一个主要原因。根据塌方量及其对交通的影响,提出了边坡失稳灾害的快速等级划分方法,为减灾救灾决策提供依据。将边坡灾害发生时间与暴雨的时间分布进行比较,认为公路边坡灾害与暴雨的关系密切。通过中长期天气预报预测区域公路边坡水毁时间、等级,通过短期降雨预报并结合公路边坡工况,可进行公路边坡的灾害预警。

**关键词:**道路工程;公路边坡;灾害等级;交通;降雨

**中图分类号:**U418.54 **文献标识码:**A

## Rapid Assessment of Highway Slope Disaster Caused by Rainfall

LI Jia-chun<sup>1</sup>, TIAN Wei-ping<sup>1</sup>, CHEN Jian-zhuang<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Department of Communications, Xinjiang Uygur Autonomous Region Government, Urmqi 830000, Xinjiang, China)

**Abstract:** Through an investigation of highway damage in flood seasons in Shaanxi and Sichuan provinces, it was found that highway slope slide can cause bad highway traffic jam. After analyzing the gathered data, a new slope disaster grade is plotted out to quickly identify the disaster scale. It was pointed out that slope disaster is related to rainstorm in space-time aspect by comparing their period and quantity. The highway slope disaster can be predicted by developing a warning system with weather forecast. 6 figs, 6 refs.

**Key words:** road engineering; highway slope; disaster grade; traffic; rainfall

## 0 引言

公路边坡整体或局部失稳类型主要有滑坡、崩塌、落石、坍塌,其中滑坡、崩塌、落石比较典型,在土质(包括各种成因堆积土)边坡上,还有一些过渡的地质灾害类型,如溜坍、堆塌、滑塌等。通常把上述土质边坡的 3 种现象统称为坍塌或塌方<sup>[1]</sup>。鉴于下

边坡一般是填方,水毁机理与上边坡有所不同,本文主要讨论上边坡水毁问题,包括边坡水毁与降雨的关系、交通的影响、灾害等级划分、防治基本原则。

## 1 边坡灾害与暴雨的关系

### 1.1 公路边坡灾害与年降雨量关系

根据四川全省公路边坡水毁数量统计,丰水年

灾害明显增多(图 1)。1981、1990、1993、1995、1998 年公路水毁多于均值,这几年的降雨量也偏多。由于降雨的周期性,公路边坡水毁也呈现出周期性特征。

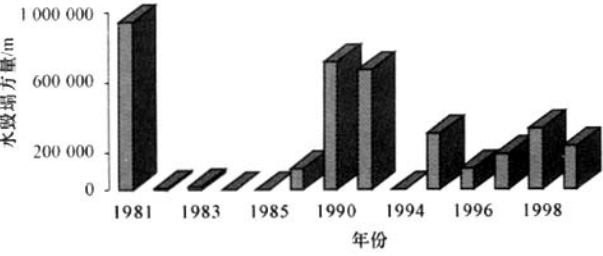


图 1 四川省年度公路坍塌方量

1.2 公路边坡塌方与暴雨月分布的关系

根据陕西 97 个气象站的降水资料<sup>[2]</sup>,对 1957 年~1998 年共 42 年的逐日降水资料进行分析,得出陕西大暴雨始于 5 月,终于 10 月,但主要集中在 7、8 两个月,其中以 7 月为最多,8 月次之,分别占全年的 42%和 34%。大暴雨的旬变化特征以 7 月上旬为第一高峰期,随后波峰变化较稳,且逐渐递减,平均暴雨次数参见图 2。将陕西省近 3 年的边坡水毁点次按旬统计(图 2),其分布的起止时间为 5~10 月,与暴雨分布一致。由于 2002 年~2003 年陕南出现超频率暴雨,发生在 6 月 9 日和 6 月 22 日,出现了大量边坡灾害,在图 2 上出现 2 个异常点。因为只对 3 年的数据进行分析,可将这 2 个点去掉。去掉这 2 个点后的直方图,坍塌方与多年暴雨次数的时间分布是一致的。

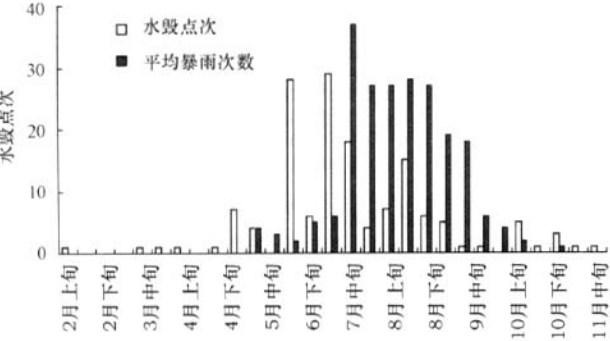


图 2 陕西省公路水毁灾害的时间分布

2 公路边坡降雨灾害对交通的影响

对陕西省 2000 年~2003 年公路水毁统计,上边坡失稳 79 点次,占水毁点总数的 52%;若加下边坡破坏,边坡水毁所占比例就更大。对四川省 1981 年~1999 年公路国道、省道水毁统计,上边坡滑塌发生点次占水毁总数的 42.2%;若加下边坡塌方,占 82.8%。由此可见边坡水毁对交通造成很大的影响。

3 公路边坡水毁工程数量等级划分

边坡灾害的危害程度可用灾害等级描述,对已发生灾害等级的划分是管理部门了解灾情、制定抢险方案的重要依据。在灾害预测工作中,灾害的等级不是凭空想象的,而是根据灾害发生的频率、危害程度划分的。发生频率、危害程度一般通过历史资料,运用数理统计的方法确定,这是相对可靠的办法。当预测的边坡灾害等级得以确定,则相应处理对策或应急预案的制定也就有章可循<sup>[3-4]</sup>。

每年汛期发生的小坍塌很多,在 100 m³ 以下的塌方,公路养护部门清除塌方即可,对交通的影响也较小,一般不作统计。对四川省近 20 年 196 个样本统计,按数据分布及对交通影响程度进行分级。据统计(图 3),累积频率曲线呈折线形,几个转折点分别为 6 000、20 000、50 000、100 000 m³。小于 6 000 m³ 的边坡滑塌占 64.1%,引起交通中断时间一般为 24 h;小于 20 000 m³ 的占 90.2%,引起交通中断数天;小于 50 000 m³ 的占 97.4%,小于 100 000 m³ 的占 99.4%,大于 100 000 m³ 的极少。

对陕西省近几年的公路边坡水毁统计,上边坡滑塌数量大部分在 12 000 m³ 以内。小于 5 000 m³ 的阻车时间一般不超过 48 h,大部分在 24 h 内可恢复通车(图 4)。阻车时间与工程量相关性不强,这是因为阻车时间不仅取决于工程数量,还受路基宽度、有无便道、机械数量、施工危险性等因素影响。

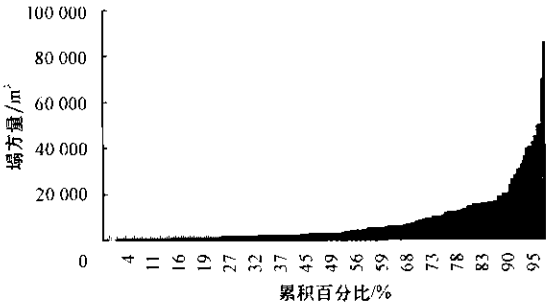


图 3 塌方数量累积频率直方图

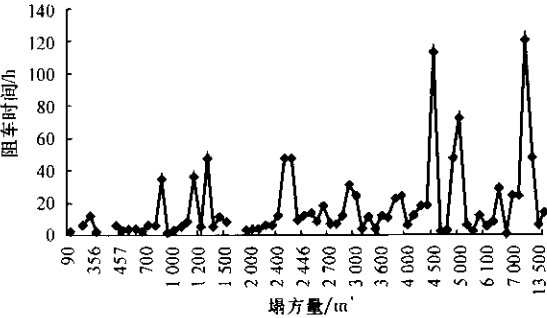


图 4 塌方量与阻车时间的关系

交通管理部门提出在汛期要确保公路畅通,社会对交通阻车的反响强烈,这些对公路服务提出了更高要求。所以各级公路管养部门克服了种种困难,尽量缩短边坡灾害引起的阻车时间。从图 4 可以看出,目前小于 1 000 m<sup>3</sup> 的公路边坡坍塌一般在 12 h 之内完全可以通车;5 000 m<sup>3</sup> 以内的坍塌无特殊情况时,抢修可在 12 h 内通车,少数情况需 24 h 才能恢复交通;大于 5 000 m<sup>3</sup> 的,可能阻车 3 d 以上。

综合以上数据分析,按工程量可将公路边坡坍塌等级分为:

- 一级:小于 1 000 m<sup>3</sup>;
- 二级:1 000~6 000 m<sup>3</sup>;
- 三级:6 000~20 000 m<sup>3</sup>;
- 四级:20 000~50 000 m<sup>3</sup>;
- 五级:大于 50 000 m<sup>3</sup>。

公路边坡坍塌大于 50 000 m<sup>3</sup> 的很少发生,灾害等级主要为一到四级。灾害防治的重点应是四级以下的边坡灾害。五级的灾害只能通过工程专项治理,对边坡进行综合工程加固,才能防范。

公路水毁发生后,最紧迫的任务是抢通。对灾害的评定也必须快速,要在最短的时间对灾害的性质、规模做出判断,多指标的评定往往不能在短时间内做出结论。边坡坍塌方数量是工程计量的主要依据,可通过现场简单的测量进行估算。因此,用工程数量进行灾害等级划分是合理的,简便快捷。

以上是单个公路边坡坍塌的等级划分。一场暴雨,往往会引发大量坍塌,有些路段很严重,而有的则轻微,这就需要对路线的灾害等级有一个总体认识。由于路线有长有短,不使用工程量直接比较,故用平均点塌方量来划分等级反映不了路线总体受灾情况。图 5 为路线平均点塌方量柱状图,由此判断路线灾害等级会出现不合理的现象,例如一条路上只有一个灾害点,并且单个规模较大,则得出这条路灾害等级高的错误判断。采用平均里程坍塌方数量进行划分较为合理,例如,四川省 1981 年,全省 30 多条公路不同程度地发生了水毁,若按某条路塌方的最小桩号到最大桩号计算里程,那么威凤路边坡水毁点为 K3~K39,当水毁里程按 36 km 计算,6 个水毁点塌方总量为 18 900 m<sup>3</sup>,平均里程塌方量 525 (m<sup>3</sup> · km<sup>-1</sup>)。图 6 为四川省 1981 年全省 33 条公路上边坡水毁计算平均里程塌方量柱状图。

按图 6 数据,将路线的边坡水毁等级划分为:

- 一级:小于 100 (m<sup>3</sup> · km<sup>-1</sup>);
- 二级:100~750 (m<sup>3</sup> · km<sup>-1</sup>);
- 三级:750~1 500 (m<sup>3</sup> · km<sup>-1</sup>);
- 四级:1500~3 000 (m<sup>3</sup> · km<sup>-1</sup>);
- 五级:大于 3 000 (m<sup>3</sup> · km<sup>-1</sup>)。

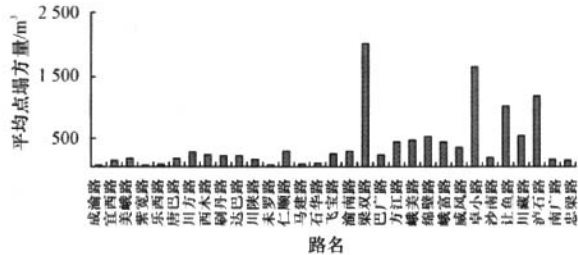


图 5 平均点塌方量

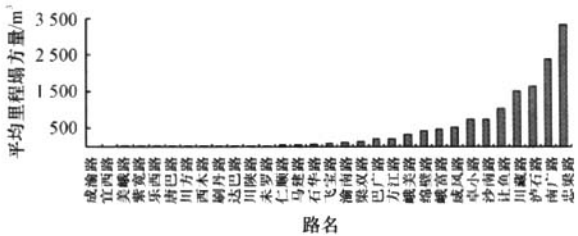


图 6 平均里程塌方量

这种等级划分是粗略的,因为没有考虑交通量。对于国道、省道,由于交通量大,灾害对交通的影响更敏感,较小的灾害就可能产生较大的影响。用本方法可以反映灾害本身的量级,边坡灾害的结果可通过具体的灾害损失进行评估。

### 4 防治的一般原则

由于边坡水毁对公路交通的影响较大,因此必须在勘察、设计、施工、养护各个阶段充分重视边坡灾害的防治工作。勘察阶段强调边坡工程地质的现场踏勘,事实证明许多问题可通过现场踏勘发现和提出解决方案。设计阶段要充分利用勘察成果,避免千篇一律地采用同一个坡度、一种坡型和单一的防护加固结构,应增加个案设计数量,提高设计水平。施工时及时跟踪观察,验证和纠正勘察、设计有关内容,并排除险情<sup>[5-6]</sup>。

公路运营期间,为减少对交通的影响,应以防治结合为原则。“防”主要是指:①确定危险路段,采取工程措施加固边坡;②汛期加强巡察,及时养护;③建立预警应急机制。这里特别强调应急机制的建立,对保证公路畅通和行车安全至关重要。

### 5 结 语

(1)通过对四川、陕西两省公路边坡水毁的统计,说明公路边坡水毁对交通的影响很大,是发生交通中断事件的一个主要原因。

(2)根据灾害的数量特征以及灾害对交通的影响,进行灾害等级的快速划分,从实际出发,对公路抢通和减灾救灾具有实际指导价值。

(3)边坡水毁等级的划分标准不同于地质灾害的等级划分,公路边坡水毁灾害以 5 000 m<sup>3</sup> 以下为主。

(4)公路边坡灾害的地区发生频次与暴雨的时间、空间分布规律是一致的,等级划分还可用于灾害预测、预警及应对方案的制定。建议通过暴雨预测、预警,结合公路边坡工况进行公路边坡的灾害预测和预警。

参考文献:

References:

[1] 胡厚田,韩会增,吕小平,等. 边坡地质灾害的预测预报[M]. 成都:西南交通大学出版社,2001.  
HU Hou-tian, HAN Hui-zeng, LÜ Xiao-ping, et al. The Estimate Forecast of the Side Sloping Geological Disaster[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2001.

[2] 张列锐,候建忠,王 川,等. 陕西大暴雨时空分布特征及减灾对策[J]. 灾害学,1999,14(2):38-42.  
ZHANG Lie-rui, HOU Jian-zhong, WANG Chuan, et al. The Space-time Distribution of Torrential Rain and

Prevention Measures in Shaanxi Province[J]. The Disaste, 1999,14(2):38-42.

[3] 黄朝迎,张 清. 暴雨洪水灾害对公路交通的影响[J]. 气象,2000,26(9):12-15.  
HUANG Chao-ying, ZHANG Qing. Impact of Flood on Highway[J]. Weather, 2000,26(9):12-15.

[4] 汤爱平,谢礼立,陶夏新,等. 自然灾害的概念、等级[J]. 自然灾害学报,1999,8(3):61-65.  
TANG Ai-ping, XIE Li-li, TAO Xia-xin, et al. The Definition of Natural Disaster and Disaster Grade Scale [J]. Journal of Natural Disasters, 1999,8(3):61-65.

[5] 张 梁,张业成,罗元华. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京:地质出版社,1998.  
ZHANG Liang, ZHANG Ye-cheng, LUO Yuan-hua. The Geology Disaster Evaluation Theories and Fulfillment[M]. Beijing: Geology Press, 1998.

[6] 向缉熙. 地质灾害经济评价系统[M]. 北京:地质出版社,1998.  
XIANG Ji-xi. The Geology Disaster Economy Evaluation System[M]. Beijing: Geology Press, 1996.

~~~~~  
(上接 26 页)

(3)针对某涵洞已经发生扭转破坏,建议采用高压喷射注浆的方法,在涵洞内外侧同时注浆,定向固化涵洞周围土体,处治涵洞因为扭转倾斜而引起的结构体破坏。

参考文献:

References:

[1] 顾安全. 上埋式管道及洞室垂直土压力研究[J]. 岩土工程学报,1981,3(1):1-17.  
GU An-quan. Investigation of the Vertical Earth Pressure on Projecting Conduit and Underground Chamber under a High Embankment [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering,1981,3(1):1-17.

[2] 康 佐. 特高填土路堤下涵洞受力与减荷性状研究[D]. 西安:长安大学,2004.  
KANG Zuo. The Character Research for Stress and Load-shedding Measurement of Culverts under the Embankment of the Special High-Stacked Soil[D]. Xi'an Chang'an University,2004.

[3] 杨晓华,谢永利. 公路隧道塌方综合处治技术[J]. 长安

大学学报:自然科学版,2004,24(1):61-64.  
YANG Xiao-hua, XIE Yong-li. Synthetical Treatment Technique for Highway Tunnel Collapse[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24 (1):61-64.

[4] 牛志荣. 地基处理技术及工程应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.  
NIU Zhi-rong. The Disposal Technique of Ground Base and its Project Applications[M]. Beijing: China Architecture and Building Press,2004.

[5] 杨晓华,俞永华. 水泥-水玻璃双液注浆在黄土隧道施工中的应用[J]. 中国公路学报,2004,17(2):68-72.  
YANG Xiao-hua, YU Yong-hua. Application of Cement-silicate Double Solution Grouting in Loess Tunnel Construction [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(2):68-72.

[6] 景宏君,张 斌. 黄土路基强度规律[J]. 交通运输工程学报,2004,4(2):14-18.  
JING Hong-jun, ZHANG Bin. Loess Subgrade Strength Law[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(2):14-18.