

齐洪亮, 田伟平, 王栋, 等. 公路洪水灾害危险性评价指标 [J]. 灾害学, 2014, 29(3): 44–47. [Qi Hongliang, Tian Weiping, Wang Dong, et al. Risk Assessment Indicators of Highway Flood Hazards in China [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(3): 44–47.]

公路洪水灾害危险性评价指标^{*}

齐洪亮¹, 田伟平¹, 王 栋², 朱英珍¹

(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. 张湾区交通运输局, 湖北 十堰 442000)

摘 要: 根据公路洪水灾害的特点和致灾机理, 将公路洪水灾害分为山区沿河公路水毁、山区公路边坡水毁和平原区公路淹没水毁 3 种; 分析了降雨、地形、岩土、植被和水系等主要影响因素对公路洪水灾害危险性大小的影响; 根据各影响因素对公路洪水灾害危险性的影响特点, 选择影响因素特征参数建立了各类公路洪水灾害危险性评价指标; 在此基础上, 根据各指标对公路洪水灾害危险性大小的影响程度, 将其分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级。

关键词: 公路工程; 洪水灾害; 危险性; 评价指标; 分级

中图分类号: TU35; X4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2014)03–0044–04

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.03.009

我国大约 2/3 的国土遭受不同类型、不同程度公路洪水灾害的威胁, 每年造成巨大的经济损失, 加强公路洪水灾害的防治势在必行^[1]。公路洪水灾害危险性评价可以明确洪水对公路造成破坏的可能性, 从而指导公路规划、设计和防治工程的实施。危险性评价指标是根据灾害影响因素选取的反映致灾体本质的数量化因子。评价指标是危险性评价的前提, 建立指标体系对公路洪水灾害危险性评价至关重要。

我国从 1970 年代就开始了公路洪水灾害危险性评价的研究。2009 年, 陈雷在全面分析灾害影响因素的基础上, 建立了陕西省公路灾害危险性评价指标体系, 提出了指标属性数据评价分值转换及归一化方法^[2]。2011 年, 齐洪亮提出了公路自然灾害危险性评价因子的选取原则, 建立了沿河路基水毁危险性评价因子^[3]。总之, 虽然我国公路洪水灾害危险性评价研究较多, 但尚未形成一套完整的评价指标体系。

本文以暴雨引起的公路洪水灾害为研究对象, 分析了降雨、地形、岩土、植被和水系等灾害主要影响因素, 结合山区和平原区公路洪水灾害的特点, 分别选取了山区沿河公路水毁、山区公路边坡水毁和平原区公路淹没水毁的危险性评价指标, 根据各指标对灾害的影响程度, 将各指标分为 5 级。

1 洪水灾害与公路洪水灾害

1.1 洪水灾害

洪水是由暴雨、融雪(冰)、溃坝等因素引起的水位上涨、水量增加的自然现象, 洪水灾害则指洪水现象造成的损失^[4]。洪灾的形成受气候、下垫面等因素影响。按照成因的不同, 洪灾可分为暴雨洪灾、融雪(冰)洪灾、冰凌洪灾、溃坝洪灾和风暴潮、海啸洪灾等。

暴雨洪灾由较大强度的降雨形成, 是我国河流的主要洪灾类型, 具有季节性明显、峰高量大、干支流洪水易遭遇等特点。由于暴雨洪灾最常见、威胁也最大, 所以本文重点对暴雨引起的公路洪水灾害进行研究。

1.2 公路洪水灾害类型划分

公路洪水灾害指洪水作用于公路所造成的公路建筑物的破坏, 又称公路水毁。它以洪水为致灾体, 公路为承灾体, 公路路域为孕灾环境。

建立公路洪水灾害危险性评价指标前, 应对灾害类型进行划分, 确定研究的灾种。进行类型划分应明确划分依据, 依据不同, 划分结果也不同。很多学者根据致灾因子、孕灾环境和承灾体

* 收稿日期: 2014–01–10 修回日期: 2014–02–28

基金项目: 中交股份科技研发项目(2011–ZJKJ–04)

作者简介: 齐洪亮(1982–), 男, 陕西宝鸡人, 博士, 讲师, 主要研究方向为公路自然灾害评价及防。E-mail: qihongl@126.com

的不同, 将公路水毁划分为不同类型^[5], 如表 1 所示。

表 1 公路洪水灾害类型划分

依据	类型
致灾因子	暴雨水毁; 融雪(冰)水毁; 溃坝型水毁; 淹没水毁
孕灾环境	山区水毁; 平原区水毁; 高原区水毁; 其他水毁
承灾体	路基路面及防护工程水毁; 公路边坡水毁; 桥涵及沟渠水毁; 排水结构物水毁

本文综合考虑以上划分方法, 结合公路洪水灾害的特点, 充分考虑山区和平原区公路水毁形式、孕灾环境和破坏机理的差别, 把公路洪水灾害分为以下类型, 分别确定各灾种危险性评价指标。

(1) 山区公路洪水灾害: 包括山区沿河公路水毁和山区公路边坡水毁;

(2) 平原区公路水毁: 主要是平原区公路淹没水毁。

2 公路洪水灾害影响因素

公路洪水灾害的形成取决于气象因素和下垫面因素。气象因素包括降雨、降雪和冰冻等; 下垫面因素包括地形地貌、河流水系、岩土和植被等^[6]。本文在公路洪水灾害成因机理分析的基础上, 主要考虑降雨、地形、岩土、植被和水系等影响因素。

2.1 降雨因素

降雨与洪灾密切相关。雨水冲刷路基路面、桥涵和边坡, 是公路洪水灾害的主要诱发因素之一。公路洪水灾害的发生与降雨量和降雨强度有关。降雨量是衡量降雨多少的指标, 指一定时间内落在某点或某单位面积上的水层深度, 以 mm 计。降雨强度是单位时段内的降雨量, 以 mm/min 或 mm/h 计。总体而言, 降雨量越多、降雨强度越大, 越易发生公路洪水灾害。

2.2 地形因素

地形对公路洪水灾害的影响有两方面: 地势高低和地形变化程度。地势高低可用高程表征, 地形变化可用地形坡度或地表破坏程度表征。

对于山区沿河公路水毁, 由于山区地形切割大且破碎, 公路一般沿河布线, 汛期沟谷密布的地区易形成沟道洪水, 沿河公路受洪水影响的可能性也大。

对于公路边坡水毁, 岩土体重力沿坡面的分力随坡度的增大而增大, 稳定性降低; 坡面径流切应力和坡面流输移量也随着坡度增加而增大, 此外, 流速增大会减少入渗, 间接影响坡面冲刷

的严重程度。

对于平原区公路, 由于地势低, 地形变化小, 水流缓慢, 积水不易迅速排出, 当水量较大时, 易造成淹没水毁。

2.3 岩土因素

岩土对公路洪水灾害有较大影响。不同类型的岩土, 降雨入渗程度不同, 抗冲刷能力也不同。入渗率低、抗冲刷能力强的岩土, 易形成径流, 但不易对公路造成冲刷。反之, 则易形成冲蚀, 如黄土类土, 由于土体松散, 亲水性强, 抗冲刷能力差, 降雨易造成水土流失, 形成水毁灾害; 而对于坚硬岩体, 入渗率低, 易形成径流, 但由于岩体表面坚硬, 密度大, 径流不易造成冲刷, 对公路造成危害的可能性小。

2.4 植被因素

植被是洪水孕灾环境的一个重要因素。一方面, 植被影响公路抵抗洪水冲刷的能力; 另一方面, 植被对土体的入渗有较大影响。森林植被是陆地生态系统的重要组成部分, 具有调节径流、保持水土等功能。植被系统的立体结构能对降雨层层截流, 不但可以实现降雨的再分配, 还可减弱侵蚀动能。因此, 植被能在一定程度上减弱洪峰流量, 延缓洪峰到来的时间。反之, 植被的大量砍伐, 必然导致严重的水土流失, 使洪水汇流加快, 洪峰流量加大。对于公路洪水灾害, 植被覆盖程度越高, 缓冲能力也越高, 相应的洪水危险性就越低。

2.5 水系因素

江、河、湖、海、水库等构成的脉络相通的系统称为水系, 水系特征可用水网密度、水系发育系数和水系不均匀系数等表示。水系分布与气候、岩性、土壤、植被等自然因素和人类改造自然的各种措施有关。水系分布在一定程度上反映了一个地区的降雨量及下垫面条件, 也间接反映了洪水危险性的大小。对于公路洪水灾害, 离水系越近, 遭受洪水侵袭的可能性越大, 危险性越高, 此外, 在水系密度大的地区, 公路洪水灾害发生的可能性也大。

3 公路洪水灾害危险性评价指标

3.1 山区沿河公路水毁危险性评价指标

根据公路洪水灾害影响因素和山区沿河公路水毁特点^[7-8], 选取危险性评价指标, 包括降雨量 ≥ 25 mm 年平均天数、地表切割密度和河网密度。

(1) 降雨

降雨是公路洪水灾害的主要影响因素。我国气象部门规定, 日降水量 ≥ 50 mm 的降雨称为暴雨, 年平均暴雨天数指每年达到或超过暴雨标准

表 2 山区沿河公路水毁危险性评价指标分级

危险性指标	极低危险	低度危险	中等危险	高度危险	极高危险
降雨量 ≥ 25 mm 年平均天数/d	<1	1~3	3~7	7~15	≥ 15
地表切割密度/(km/km ²)	<0.1	0.1~0.3	0.3~0.55	0.55~0.8	≥ 0.8
河网密度/(km/km ²)	0~500	500~1 500	1 500~2 500	2 500~3 500	$\geq 3 500$

的平均天数。因此,年平均暴雨天数既可以表征降雨量指标,也可以表征降雨强度指标。然而,我国部分地区具有降雨总量小、历时短等特点,达不到暴雨标准也可引发公路洪水灾害。因此,年平均暴雨天数指标不能准确反应降雨对公路洪水灾害的影响,鉴于此,本文选取降雨量 ≥ 25 mm 年平均天数作为表征降雨的山区沿河公路水毁危险性评价指标。根据该指标对山区沿河公路危险性的影响,按照其数量特征将分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级,如表 2 所示。

(2) 地形

地表切割密度指单位面积的沟谷线总长度,又称沟谷密度或沟壑密度,计算方法如式(1)所示:

$$D = l/A. \quad (1)$$

式中: D 为地表切割密度(km/km²); l 为区域沟谷线总长度(km); A 为区域总面积(km²)。

地表切割密度能较好地反映地表的侵蚀程度和地貌的发育程度,是地貌研究的重要指标。地表切割密度大的地区,公路多沿河布线,受河道洪水威胁的可能性也大。因此,本文选取地表切割密度作为山区沿河公路水毁危险性评价指标,参照降雨指标的分级结果,将其分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级,如表 2 所示。

(3) 水系

河网密度指单位面积的水系长度,是描述水系分布最常用的指标,计算方法如式(2)所示:

$$B = n/A. \quad (2)$$

式中: B 为河网密度(km/km²); n 为区域水系总长度(km); A 为区域总面积(km²)。

河网密度越大,河水径流也越大,山区沿河公路遭遇洪水灾害的可能性也越大。因此,本文选取河网密度作为山区沿河公路水毁危险性评价指标,并将其分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级,如表 2 所示。

3.2 山区公路边坡水毁危险性评价指标

根据暴雨对山区公路边坡的影响特点,结合公路洪水灾害的影响因素,选取山区公路边坡水毁危险性评价指标,包括降雨量 ≥ 25 mm 年平均天数、坡度、岩土类型和植被覆盖度。

(1) 降雨

降雨指标选取与分级同山区沿河公路水毁,如表 3 所示。

(2) 地形

坡度对坡面径流的影响较大^[9]。随着坡度增大,径流速度增大,径流在坡面的滞留时间减少,坡面入渗减少。因此,本文选取坡度作为山区公路边坡水毁危险性评价指标。

在 $0^\circ \sim 35^\circ$ 时,坡面径流强度随坡度增加而增大; $>35^\circ$ 时,由于坡面受雨面积减小,坡面径流随坡度的增大而减小。但是,坡度 $>35^\circ$ 的地区一般为山地,地貌复杂,如果考虑同样的坡顶来水,随着坡度增大,坡面径流强度也增大。因此,本文认为山区公路边坡水毁危险性随坡度的增大而增大,鉴于此,把坡度分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级,如表 3 所示。

(3) 岩土

根据公路洪水灾害的影响因素,在其它条件相同时,不同类型的岩土造成的冲刷程度不同,本文选取岩土类型作为山区公路边坡水毁危险性评价指标。根据“《中国公路自然区划》体系框架研究”成果,以岩体硬度为标准,将岩土类型对公路边坡水毁的影响分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级,如表 3 所示。

(4) 植被

本文选取植被覆盖度作为山区公路边坡水毁危险性评价指标,根据不同植被覆盖度对坡面径流强度和山区公路边坡水毁危险性的影响,将植被覆盖度分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级,如表 3 所示。

3.3 平原区公路淹没水毁危险性评价指标

根据平原区公路淹没水毁的成因与机理,结合公路洪水灾害影响因素,选取危险性评价指标,包括降雨量 ≥ 25 mm 年平均天数、坡度和河网密度。

(1) 降雨

降雨指标选取与分级同山区沿河公路水毁,如表 4 所示。

(2) 地形

本文中的平原区指坡度 20° 以下、相对高程 100 m 以下的区域。根据平原区坡度变化越小,越易遭受公路淹没水毁的原则,将坡度对平原区公路淹没水毁的影响分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级,如表 4 所示。

表 3 山区公路边坡水毁危险性评价指标分级

危险性程度	极低危险	低度危险	中等危险	高度危险	极高危险
降雨量 ≥ 25 mm 的年平均天数/d	<1	1~3	3~7	7~15	≥ 15
坡度/(°)	<20	20~35	35~40	40~55	≥ 55
岩土类型	硬岩	软岩砾类土	粘性土	砂类土	黄土粉性土
植被覆盖度/%	≥ 80	50~80	20~50	5~20	<5

表 4 平原区公路淹没水毁危险性评价各指标分析表

危险性程度	极低危险	低度危险	中等危险	高度危险	极高危险
降雨量 ≥ 25 mm 的年平均天数/d	<1	1~3	3~7	7~15	≥ 15
坡度/(°)	>20	15~20	6~15	3~6	≤ 3
河网密度/(km/km ²)	0~500	500~1 500	1 500~2 500	2 500~3 500	$\geq 3 500$

(3) 水系

水系指标选取与分级同山区沿河公路水毁, 如表 4 所示。

4 结语

(1) 根据公路洪水灾害的特点和致灾机理, 将公路洪水灾害分为山区沿河公路水毁、山区公路边坡水毁和平原区公路淹没水毁 3 种。

(2) 从洪水灾害系统的角度出发, 分析了降雨、地形、岩土、植被和水系等主要影响因素对公路洪水灾害危险性大小的影响。

(3) 根据各影响因素对公路洪水灾害危险性的影响特点, 选择影响因素特征参数建立了各类公路洪水灾害危险性评价指标, 并根据各指标对公路洪水灾害危险性大小的影响程度, 将其分为极低危险、低度危险、中等危险、高度危险和极高危险 5 级。

参考文献:

- [1] 吴炳芳, 陈述彭. 中国自然灾害灾情分析与减灾对策[M]. 北京: 时代科学技术出版社, 1992.
- [2] 陈雷. 陕西公路主要地质灾害分区与评价[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [3] 齐洪亮. 公路自然灾害评价系统的研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.
- [4] 田伟平, 李家春, 马保成. 公路洪水灾害防治指导手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- [5] 黄诗峰. 洪水灾害风险分析的理论与方法研究[D]. 北京: 中国科学院地理研究所, 1999.
- [6] 门福禄. 关于灾害、灾害学和灾害研究方法若干问题的浅见[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 341-345.
- [7] 刘高峰, 李娜. 城市洪水灾害损失评估指标体系的构建[J]. 现代农业科技, 2008, 11(6): 265-269.
- [8] 陈远川, 陈洪凯. 山区沿河公路地质风险形成机制[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 6-11.
- [9] 王刘华, 姚超伟, 宋飞. 黄土边坡坡面冲刷的临界坡度[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 25-27.

Risk Assessment Indicators of Highway Flood Hazards in China

Qi Hongliang¹, Tian Weiping¹, Wang Dong² and Zhu Yingzhen¹

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Zhongwan District Transportation Bureau, Shiyao 442000, China)

Abstract: Highway flood hazards are classified into three types: flood hazards along highway in mountain areas, highway slope flood hazards in mountain areas and highway flood hazards in plain areas, according to their characteristics and mechanism; The main influencing factors of highway flood hazards, including rainfall, topography, rock and soil, vegetation and water system are analyzed; Assessment indicators of each type are put forward based on their influencing characteristics. At last, every indicators of each type are divided into five grades: very low dangerous, low dangerous, medium dangerous, high dangerous and very high dangerous according to their influence degree.

Key words: road engineering; flood hazard; risk; assessment indicators; classification.