

文章编号:1671-8879(2008)04-0011-06

## 山区公路排水系统抗水灾评价指标

沈 波<sup>1,2</sup>, 艾翠玲<sup>3</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. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 福州大学 土木工程学院, 福建 福州 350002)

**摘 要:**为提高山区公路抗水灾能力,对山区公路排水设施水毁现象进行了调查,并做了机理分析,研究了山区公路排水系统 3 个子系统单元(坡面漫流单元、排水沟渠单元和小桥涵单元)的组成,建立了山区公路排水系统抗水灾 4 个递进层次系统(孕灾环境危险性评价、排水系统易损性及完善性评价、水毁经济损失评价、防治效益经济评价)的评价体系,提出了相关经济计算与评价标准。实际应用结果表明,该评价指标体系对山区公路抗水灾养护决策具有明显的指导作用。

**关键词:**道路工程;山区公路;排水系统;水灾;评价指标

**中图分类号:**U412.62 **文献标志码:**A

## Evaluation indices of anti-flood for mountain highway drainage system

SHEN Bo<sup>1,2</sup>, AI Cui-ling<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest

Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China; 3. School of Civil Engineering and Architecture, Fuzhou University, Fuzhou 350002, Fujian, China)

**Abstract:** To enhance the anti-flood capacity of mountain highway, the flood damage of highway drainage facilities at mountain is investigated, the damage mechanism is analyzed, the compositions of the drainage system, named slope rain boundless unit, drainage canals unit and little bridge-culvert unit, are studied. The evaluating indices system about the anti-flood ability of the drainage system is developed. The indices include the evaluation of environmental disaster, the evaluation of the damage of drainage systems, the evaluation of economic losses, the evaluation of the benefits of anti-flood facilities. The relevant economic calculation and the evaluation standards are put forward. The application results show that this indices system has an obvious guiding role for the decision-making in mountain highway's anti-flood. 11 tabs, 8 refs.

**Key words:** road engineering; mountain highway; drainage system; flood damage; evaluation indices

收稿日期:2007-08-12

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200131881234)

作者简介:沈 波(1966-),男,陕西汉阴人,长安大学副教授,工学博士,西北农林科技大学在读博士后,E-mail:shenboca@163.com.

## 0 引言

20 世纪 90 年代以来,随着中国公路建设特别是山区公路建设的快速发展,公路运输能力大幅度增长。但在雨季大量发生的山区公路,水毁造成的交通中断时间、强度和频次也逐年成倍增长。有关资料统计表明,目前中国西部山区水毁状况,若不能得到有效治理,则随着中国公路网逐渐形成,每年的公路水毁经济损失将远远超过人们的接受能力<sup>[1-8]</sup>。为了提高山区公路排水抗灾技术能力,本文对山区公路排水设施的抗水灾评价体系进行了研究。

## 1 山区公路排水系统抗水灾评价体系

### 1.1 排水系统及排水设施单元抗水灾评价体系

山区公路排水系统是在一定路域降雨影响范围内,由相对独立的多个坡面排水单元经排水沟渠集流输送,以小桥涵横过路基为排水中心,组成抗御路基水灾的复杂的汇水排水系统。按照排水系统功能分类,山区公路排水系统由坡面排水单元、排水沟渠单元和小桥涵单元组成。

(1)坡面排水单元常见水灾害:土质坡面承受风吹、日晒、雨水冲刷、浸泡膨胀、干湿交替和冻融胀缩循环,造成大的沟蚀或坡面溜坡、坍塌,或坡面重力蠕变滑移变形,造成混凝土或砌体骨架损坏。

(2)排水沟渠单元常见水灾害:渠道易被坡面泥沙淤塞,过水断面减小,杂草丛生,排水正常运用能力下降;沟渠砌体结构石材、混凝土等碳化、表层剥落和风化,止水材料老化至逐渐开裂,降雨经渠集水从开裂处集中渗漏,使基础从局部沉降变为大面积沉陷;不同渠道衔接处滑移开裂,经溢流冲刷,或急流槽重力蠕变疲劳滑移或槽帮外土壤冲刷,造成渠道基础失稳,或消能防冲设施损坏。

(3)小桥涵单元常见水灾害:进口墙体偏移坍塌,涵前淤塞,出口铺砌破坏,小桥涵过流不足,造成水流翻越路基等。

山区公路排水系统水灾害主要表现为:环境灾

害与结构失稳,排水设施总体或部分自身安全性能降低和排水功能退化。3 个单元水灾害表象各不相同,但互相关联,皆存在人为使排水系统稳定性设计、施工和管理不良,在投入使用较长时间后,隐患逐渐显露,造成结构性水灾害。为此,本文以坡面排水单元评价指标系、排水沟渠单元评价指标系和小桥涵单元评价指标系为评价核心,建立排水设施单元抗水灾评价体系。

### 1.2 排水设施抗水灾评价体系

山区公路排水设施抗水灾的 4 个递进层次评价体系与方法如下所述。

(1)山区公路排水系统孕灾环境危险性评价,确定环境造成水灾害的经济损失放大系数。

(2)山区公路排水设施易损性评价:①具体排水设施稳定性技术评价,确定排水设施不稳定造成的经济损失系数;②排水系统整体完善性评价,确定排水系统不完善造成的经济损失放大系数。

(3)山区公路排水工程水灾害直接经济损失评价,以排水设施造价和排水系统不完善的坡面造价为基础,根据(1)、(2)经济损失放大系数,计算排水系统的直接经济损失。

(4)山区公路防治减灾效益评价。

## 2 山区公路排水系统抗水灾危险性评价

### 2.1 排水系统孕灾环境危险性评价标准

自然气候、水文、地形、地层地质和工程规模等环境背景皆是排水系统灾害孕育的先决条件,孕灾环境背景的危险性决定了水毁经济损失程度。排水系统危险性等级分为 I (很严重)、II (严重)、III (中等)、IV (轻微)、V (无影响) 5 个等级,评分标准分别为 20、40、60、80、100。以经济损失放大系数表示危险性评价结果,危险性等级对应的经济损失放大系数  $K_{FI}$  分别为 2、1.5、1.0、0.5、0。根据文献[6]及长期对排水系统水毁恢复重建的经验与调查,确定坡面排水单元、排水沟渠单元和小桥涵单元孕灾环境危险性指标(表 1)。

表 1 坡面排水单元、排水沟渠单元和小桥涵单元的危险性指标

危险性指标		I 很严重(20)	II 严重(40)	III 中等(60)	IV 轻微(80)	V 无影响(100)
坡面排水单元、 排水沟渠单元	相对雨强 $I_p$	$>1.2$	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	$<0.6$
	相对雨时 $T_p$	$>1.2$	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	$<0.6$
	汇流面积/ $m^2$	$>3\ 000$	3 000~2 500	2 500~2 000	2 000~1 500	$<1\ 500$
	截水沟道数	$>5$	5~4	4~3	3~2	$<2$
小桥涵单元	流量系数 $K_p$	$>1.2$	1.0~1.2	0.8~1.0	0.6~0.8	$<0.6$

注:  $I_p = I/I_s$ ,  $T_p = T/T_s$ ,  $K_p = Q/Q_s$ 。其中:  $I$  为实际降雨强度;  $I_s$  为设计排水降雨强度;  $T$  为实际降雨历时;  $T_s$  为设计坡面降雨稳定入渗深度历时;  $Q$  为实际降雨汇流流量;  $Q_s$  为设计通过安全的极限流量。

2.2 排水系统孕灾环境危险性评价

坡面排水、排水沟渠和小桥涵单元危险性评价包括 4 个方面。

(1)分析降雨强度、降雨历时、汇流面积、截水沟道数对排水坡面、排水沟的影响,其权重系数分别为 0.4、0.3、0.2、0.1,根据各指标确定各影响因素的危险性级别。

(2)由  $N = \sum (W_i X_i) / \sum W_i$  计算危险性程度分值。其中:  $N$  为排水沟、坡面危险程度综合分值;  $X_i$  为各影响因素等级分值;  $W_i$  为与  $X_i$  对应的权重。

(3)根据危险程度综合分值,得出坡面及坡面排水沟渠危险性经济损失放大系数  $K_{F1}$ 。

(4)小桥涵危险性评价根据  $K_P$  评定,确定危险性经济损失放大系数  $K_{F1}$ 。

3 山区公路排水系统抗水灾易损性评价

排水系统易损性评价的计算方法与危险性评价计算方法相同。

3.1 坡面排水单元易损性指标、权重及评价标准

坡面排水单元易损性评价标准分为Ⅰ(很严重)、Ⅱ(严重)、Ⅲ(中等)、Ⅳ(轻微)、Ⅴ(无影响)5个等级,其评分标准分别为 20、40、60、80、100,易损性经济损失放大系数  $K_{F2}$  分别为 0.8、0.6、0.4、0.2、0。根据水毁防治调查及养护经验,建立易损性评价指标及权重(表 2、表 3)。

表 2 坡面排水单元易损性指标及权重

坡面排水单元易损性指标	抗水灾能力 (权重为 0.5)	冲刷(权重为 0.5)	冲剪力(权重为 1.0)
		溜坍(权重为 0.3)	坡比降(权重为 0.5)
			土体密实度(权重为 0.3)
			渗透率(权重为 0.2)
		崩解(权重为 0.2)	土壤亲水性(权重为 0.6)
			土质类型(权重为 0.4)
	坡面防护类型(权重为 0.4)		
	养护质量 (权重为 0.1)	养护巡视及安全评估频次(权重为 0.25)	
		养护施工质量(权重为 0.4)	
		养护监督管理制度(权重为 0.35)	

表 3 坡面排水单元易损性指标评价标准

指 标	Ⅰ 很严重(20)	Ⅱ 严重(40)	Ⅲ 中等(60)	Ⅳ 轻微(80)	Ⅴ 无影响(100)
冲剪力 $T_c$	<0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0~1.2	>1.2
坡比降	>1:1	1:1~1.0:1.5	1.0:1.5~1:2	1:2~1:3	<1:3
土体密实度	<0.75	0.80	0.85	0.90	>0.95
渗透率 $m$	>0.030	0.025	0.020	0.015	<0.010
饱水率/%	>30	25	20	15	10
土壤亲水性	很强	较强	一般	较弱	很弱
土质类型	粉沙土	沙土	沙粘土	粘土	岩石
坡面防护类型	植生+六棱空心砖	圻工骨架+植生	拱式护面墙拱肋排水+拱窗内植生	窗式护面墙窗外排水+窗内植生	实体护面墙
养护巡视及安全评估频次/(次·a <sup>-1</sup> )	0.2	0.7	1.2	1.7	2.0
养护质量	差	较差	一般	较好	优良
养护监督管理制度	无制度	很少	制度较齐全,但完全不按制度执行	制度健全,部分按制度执行	严格按制度执行

注:冲剪力  $T_c = \tau_c / \tau_{max}$ 。其中:  $\tau_c$  为土壤破坏临界剪切力;  $\tau_{max}$  为降雨及其径流产生的最大剪切力。渗透率  $m = I_T / I$ , 其中:  $I_T$  为降雨渗透强度。土体密实度:在路堤坡面,为土体压实度;在开挖路堑坡面,为坡面松动土体与原状土体干密度比。

3.2 排水沟渠单元易损性指标、权重及评价标准

排水沟渠单元易损性标准等级对应的经济损失放大系数与坡面排水单元易损性标准相同,其易损性指标及权重见表 4。

3.3 小桥涵单元易损性评价

3.3.1 小桥涵单元易损性评价指标、权重系数

小桥涵单元易损性评价标准、评分及经济损失放大系数与坡面排水单元易损性标准相同。根据水毁防治经验与调查,结合室内水力模型试验及理论分析,确定小桥涵单元易损性评价指标、权重系数(表 5)。

表 4 排水沟渠单元易损性指标及权重

排水沟渠单元易损性指标	相关影响指标(权重为 0.4)	坡体坍塌淤塞(权重为 0.3)
		槽帮填土渗漏沉陷(权重为 0.2)
		渠槽溢流冲刷(权重为 0.2)
		槽外邻近漫坡汇流冲刷(权重为 0.2)
		槽外培土溜坍(权重为 0.1)
	直接破坏指标(权重为 0.5)	槽帮冻胀开裂、集中渗漏(权重为 0.3)
		槽体纵向支撑开裂、滑移坍塌(权重为 0.5)
		槽体侧向基础沉陷坍塌(权重为 0.2)
	养护质量(权重为 0.1)	

注:排水沟渠单元养护质量指标子集与坡面排水单元养护质量指标子集相同;排水沟渠单元指标等级程度及评分与坡面排水单元易损性指标评价等级标准相同。

表 5 小桥涵单元易损性指标及权重系数

小桥涵单元易损性指标	涵位(权重为 0.2)		
	小桥涵进出口形式(权重为 0.1)		
	过流能力	水流特征(权重为 0.3)	淹没水流进出口泥沙的淤塞(权重为 0.3)
		自由水流冲刷与消能(权重为 0.7)	
	(权重为 0.6)	水位(权重为 0.4); $w/w_s$	流速(权重为 0.3); $V_{\max}/V_b$
指标	养护质量(权重为 0.1)		

注:正常设计水流水位;翼墙不发生淹没水位,桥底高程减净空高的设计水位;小桥涵养护质量指标子集与坡面排水单元养护质量指标子集相同; $w$  为可通过极限水位; $w_s$  为正常设计过流水位; $V_{\max}$  为可通过极限流速; $V_b$  为正常设计不允许冲刷流速。

### 3.3.2 小桥涵单元易损性评价标准

小桥涵单元其他易损性评价标准和各指标因素评价标准见表 6~表 11。

表 6 涵位易损性评价标准

涵位易损性等级	涵位易损性特征	评分
I	涵位偏差,纵向比降变化大,自然沟宽横向压缩比大,易造成严重冲刷或淤积。	20
II	涵位偏差,纵向比降有一定变化,自然沟宽横向压缩比大,有一定淤积或冲刷。	40
III	涵位水流顺直,自然沟宽横向压缩比大,纵向比降有一定变化;涵位水流顺直,自然沟宽横向压缩比大,纵向比降无变化,平面水流有一定转向。	60
IV	涵位合理,自然沟宽横向有一定的压缩比,水流平面顺直,纵向比降无变化。	80
V	涵位合理,自然沟宽横向无压缩,水流平面顺直,纵向比降无变化。	100

表 7 进出口形式易损性评价标准

进出口形式易损性等级	易损性特征	评分
I	进出口形式与地形、水流条件不相适应,洞口砌体发生严重开裂,勾缝剥蚀破损,墙面倾斜变形。	20
II	进出口形式与地形、天然沟渠连接不顺畅,洞口铺砌局部有较严重冲刷破损,墙面倾斜变形。	40
III	进出口形式与地形基本适应,水流较为通畅,但洞口局部有一定的开裂剥蚀,微倾斜变形。	60
IV	进出口形式与地形适应,水流通畅,但洞口局部剥蚀破损。	80
V	进出口形式与地形相适应,水流通畅,洞口砌体无破损与倾斜变形。	100

表 8 过流能力易损性评价标准

过流能力易损性等级	易损性特征	评分
I	涵洞孔径及净空过小,设计正常过流能力远小于洪峰实际水流,发生压力式过流或翻越路基坡面过流几率高,不能满足基本过流要求;小桥涵过水设计的排水面积小于实际小流域汇水面积 30% 以上,上部结构底标高低于设计计算水位,或孔径小于规定值 30% 以上。	20
II	涵洞孔径及净空过小,设计正常过流能力远小于实际水流,常发生压力式过流,有翻越路基坡面过流可能,不能满足基本过流要求;小桥涵过水设计的排水面积小于实际小流域汇水面积 20% 以上;上部结构底标高与设计计算水位相同,或孔径小于规定值的 20% 以上。	40
III	水流大于正常设计过流,但小于极限过流能力,淹没水流条件下上游将发生大量泥沙淤塞,自由水流条件下出口发生冲刷,局部破坏,发生局部倾斜,小桥涵过水设计的排水面积小于实际小流域汇水面积 10% 以上;上部结构底标高与设计计算水位相同,或孔径小于规定值的 10% 以上。	60
IV	结构形式与水流条件基本相适应,水流较为通畅,洞口有局部微破损,小桥涵满足实际坡面积汇水过流设计要求,上部结构底标高与设计计算水位相同,或孔径偏小,但不超过规定值的 10%。	80
V	结构形式与水流条件相适应,水流通畅,无破损,小桥涵过水设计满足实际汇流坡面积要求,上部结构底标高高于设计计算水位 10%,桥下净空高度、最小孔径应符合规定要求。	100

表 9 流速易损性评价标准

流速易损性等级	流速易损性特征	评分
I	$V_{\max} > V_b$ (铺砌),没有消能措施	20
II	$V_b$ (铺砌) $> V_{\max} > V_b$ (自然沟渠),没有消能措施	40
III	$V_b$ (铺砌) $> V_{\max} > V_b$ (自然沟渠),具有消能措施	60
IV	$V_b$ (自然沟渠) $0.8 < V_{\max} < V_b$ (自然沟渠),具有消能措施	80
V	$V_{\max} < 0.8 V_b$ (自然沟渠),具有消能措施	100

表 10 水流特性易损性评价标准

水流特性易损性等级	易损性特征	评分
I	半压力或压力式过流,上游水流含泥沙量大,进口极易发生大量泥沙淤塞,导致水流翻越路基;出口无消能措施,或出口基础埋置深度小于设计计算值的 70%。	20
II	半压力或压力式过流,有翻越路基坡面过流的可能,出口无消能措施,但无泥沙淤塞;出口基础埋置深度等于计算值的 70%~90%。	40
III	半压力式或压力式过流,无翻越路基的可能,出口具有较好的消能抗冲措施,水流含泥沙多,进口存在一定淤塞,出口基础埋置深度等于计算值的 90%~110%。	60
IV	无压力式过流,小桥涵实际过水面积满足设计要求;出口具有消能措施,局部微微破损,出口基础埋置深度超过计算值的 10%~30%。	80
V	结构净空高,具有超过流能力,水流通畅,铺砌无破损;涵洞出口具有良好消能措施;出口基础埋置深度超过计算值 30%。	100

表 11 水位易损性指标评价标准

水位易损性等级	水位易损性特征	评分
I	$H>H_3$	30
II	$H_3>H>H_2$	50
III	$H_2>H>H_1$	70
IV	$1.2H>H_1>H$	90
V	$H_1>1.2H$	100

注:  $H$  为过流水位;  $H_1$  为进口前路基土质坡面坡脚高程;  $H_2$  为小桥涵梁底高程;  $H_3$  为路面高程。

3.4 排水系统完善性评价标准

排水系统完善性等级分为: I (差)、II (较差)、III (一般)、IV (较好)、V (优秀) 5 个等级,其分别表示如下: I 为缺乏小桥涵,汇水坡面大面积缺乏主干沟渠排水系统; II 为有排水涵洞,但汇水坡面大面积缺乏主干排水沟,或缺乏截水沟和急流槽; III 为具有排水涵洞,主干排水沟齐全,但汇水坡面大面积缺乏引水沟,坡面水不能入槽; IV 为具有排水涵洞,排水系统基本完善,但局部坡面缺乏排水设置; V 为各级排水系统与构造设置全面。排水系统完善性经济损失放大系数  $K_{F3}$  分别为 0.8、0.6、0.4、0.2、0。

4 山区公路排水系统水灾经济损失评价及抗水灾措施经济效益评价

4.1 排水系统水灾经济损失评价

(1) 坡面排水单元、排水沟渠水毁经济损失价值  $M_j$  评价。分别以坡面排水单元造价和排水沟渠道

价  $Z_{Pj}$  为基础,再与  $K_{F1}$  和  $K_{F2}$  相乘,即  $M_j = Z_{Pj} K_{F1} K_{F2}$ 。

(2) 小桥涵水毁经济损失评价。小桥涵水毁经济损失评价公式为  $M_p = M_s K_{F1} = Z_j K_{F2} K_{F1}$ ,其中:  $M_p$  为小桥涵水毁经济损失;  $M_s$  为小桥涵易损性价值损失;  $Z_j$  为小桥涵造价。

(3) 对已发生破坏的沟渠、坡面排水单元、涵洞水毁经济价值评价。对完全破坏的排水设施经济损失放大系数按 1.0 处理;对部分破坏的排水设施经济损失放大系数按其破坏部分占总体的百分率计算;对未破坏部分进行易损性评价,部分破坏的经济损失放大系数为  $K_{js} = M_b + (1 - M_b) K_{F2}$ ,其中:  $K_{js}$  为排水设施经济损失放大系数;  $M_b$  为排水设施部分已破坏的经济损失放大系数;  $K_{F2}$  为排水设施未破坏部分的经济损失放大系数。同理,其相应水毁经济损失价值评价为  $M_j = M_{Zj} K_{js} K_{F1}$ ,其中:  $M_{Zj}$  为基础造价。

(4) 排水系统不完善性水毁经济损失评价  $M_G$ 。 $M_G = M_K K_{F3} K_{F1}$ ,其中:  $M_K$  为可能造成的坍方土方量及路基总价值。

(5) 排水系统水毁经济价值评价。在坡面排水单元、排水沟渠、小桥涵水毁经济损失价值评价基础上,计算整体排水系统的水毁经济价值  $M_T$ ,即  $M_T = \sum M_j + \sum M_G$ 。其中:  $\sum M_j$  为排水沟渠坡面排水单元和小桥涵水毁经济价值;  $\sum M_G$  为排水不完善性水毁经济价值。

4.2 排水系统抗水灾措施经济效益评价

排水系统抗水灾工程经济效益,  $M_x = (M_{T1} - M_{CS} - M_{T2}) K_{F4}$ ,其中:  $M_{T1}$  为第一次评价水毁经济损失;  $M_{CS}$  为减灾措施经济投入;  $M_{T2}$  为第二次评价水毁经济损失;  $K_{F4}$  为考虑交通运输社会效益的间接经济效益系数。道路等级不同则交通效益不同,不同等级道路(高速、一级、二级、三级、四级)的交通间接经济效益系数  $K_{F4}$  取值为 1.4、1.3、1.2、1.1、1.0。采取防治措施后的排水不完善性得到了整治,则排水不完善性的易损性经济价值按一般排水系统易损性评价经济价值评价,可不再考虑其排水系统的不完善性。

评价时,考虑野外调查工作量多,可采用对路段或路线排水系统抗水灾普查评价与详查评价相结合的方法,对易发生水灾路段的排水系统逐一编号、统计和调查评价,对一般路段可采用普查评定方式。普查评定只对已发生水毁设施经济损失放大系数按



1.0 处理,水毁经济采用工程量乘以单价进行统计,其余参照本文的递进层次评价处理。如危险性评价中,部分指标无法取得或暂时没有取得,则可按照缺失指标(即不考虑没有取得的指标)进行评价,确定危险性放大系数,危险性放大系数也可直接从经验取得,从而快速做出反应,制定出抗水灾决策与措施。

山区公路排水系统抗水灾评价指标体系在西南某高速公路养护调查决策中的运用表明,其防灾减灾效益明显。

## 5 结 语

(1)对山区公路排水系统灾害进行分类,提出山区公路排水系统由坡面排水单元、排水沟渠单元和小桥涵排水单元 3 个基础单元组成。

(2)分析了山区公路排水系统单元水灾害现象的机理,考虑山区公路排水系统抗水灾经济效益,建立了山区公路排水设施的抗水灾评价系统,它由孕灾环境危险性、排水设施易损性及完善性、水毁可能经济损失、水毁抗灾措施经济效益 4 个递进层次体系组成。

(3)通过山区公路排水系统灾害机理分析,建立了排水系统 3 个单元的评价标准,提出了山区公路排水系统抗水灾层次递进评价与模糊评价相结合的方法。

### 参考文献:

#### References:

- [1] 沈 波. 山区公路排水系统灾害评价方法及指标体系研究[D]. 西安:长安大学,2006.
- [2] 沈 波,田伟平,郭 平,等. 多雨土石山区高速公路排水系统水毁及防治[J]. 长安大学学报:自然科学版,2005,25(6):29-33.
- [3] 沈 波,艾翠玲,徐 岳,等. 山区公路排水急流槽冲刷试验[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(3):30-34.
- [4] 沈 波,艾翠玲. 小桥涵养护决策指标体系研究[J]. 中外公路,2007,27(3):253-256.
- [5] 谈至明. 公路排水系统设计参数研究[J]. 中国公路学报,2006,19(2):7-11.
- [6] 王 磊,马 磊. 黄土地区公路排水系统病害防治[J]. 长安大学学报:自然科学版,2003,23(1):15-18.
- [7] 姚祖康. 公路排水设计手册[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [8] 高冬光. 公路与桥梁水毁防治[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [9] SHEN Bo, TIAN Wei-ping, GUO Ping, et al. Prevention of highway drainage system destruction in pluvial mountain area [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(6): 29-33.
- [10] SHEN Bo, AI Cui-ling, XU Yue, et al. Scouring test on drainage rapid gutter of mountain road [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(3): 30-34.
- [11] SHEN Bo, AI Cui-ling. Research on decision indexes system of maintaining culvert [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2007, 27(3): 253-256.
- [12] TAN Zhi-ming. Research on design parameters of highway drainage system [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(2): 7-11.
- [13] WANG Lei, MA Biao. Prevention and treatment for disasters of highway drainage system in loess area [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(1): 15-18.

## 陕西西铜高速公路改扩建工程全面启动

日前,西安至铜川(西铜)高速公路改扩建工程全面启动。

西铜高速公路改扩建项目是中国西北地区第一条将双向 4 车道一级公路改造为双向 8 车道的高速公路项目,是国家规划的西部开发省际高速公路大通道的重要组成部分,也是国务院批准实施的国家高速公路网包头至茂名高速公路的组成部分,更是陕西省“米”字形公路主骨架中的中轴线。该项工程起于西铜公路与西安绕城高速公路北段交叉点,止于西铜公路铜川新区立交,纵跨西安、咸阳、渭南、铜川 4 市 6 县(区),路线全长 60.372 km,按 8 车道高速公路加宽扩建,全线设置 8 处互通立交,改建服务区 1 处。全线新建、加宽桥梁 21 座(4 453 m),分离立交 40 处,涵洞 192 个,通道、人行天桥及渡槽 116 道,新建连接线 22 km。该项目计划建设工期为 3 年,2007 年试验段开工,2008 年全面开工建设,2010 年建成通车。