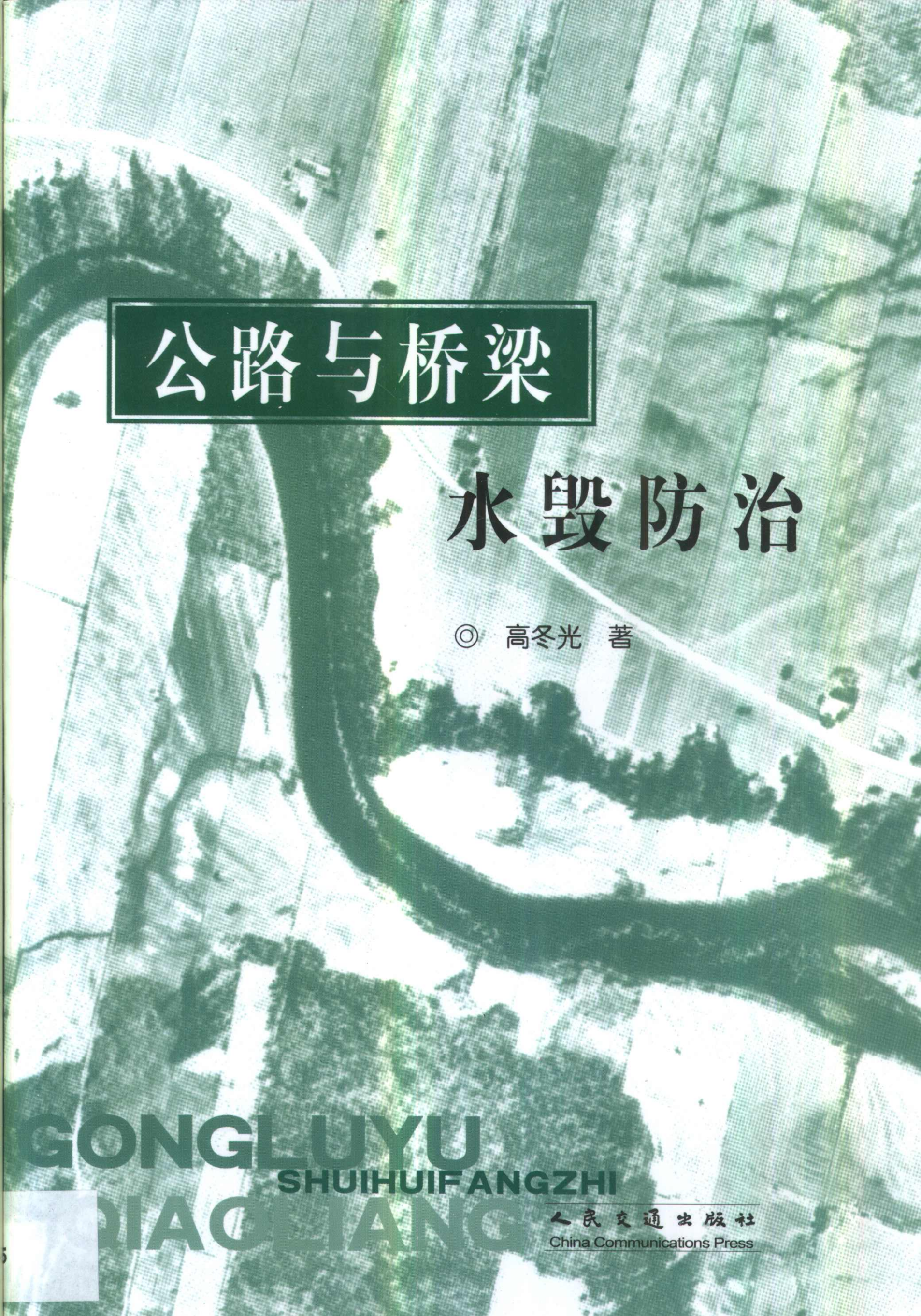




公路与桥梁

水毁防治

◎ 高冬光 著

GONGLUYU

SHUIHUIFANGZHI

QIAOLIANG

人民交通出版社

China Communications Press

212

G418.5

G24

公路与桥梁水毁防治

高冬光 著



A1064501

人民交通出版社

内容提要

本书内容共十二章,包括公路水毁的分析与对策,水文调查与洪水分析、弯道水流的冲刷和防护、丁坝和丁坝群、护坦防护原理和设计方法、路基水毁防护工程的设计和施工,黄土地区水毁防治、桥梁水毁的预防和治理等内容。

本书可供公路与桥梁工程技术人员及养护技术、管理人员学习参考,亦可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

公路与桥梁水毁防治 / 高冬光著. —北京: 人民交通出版社, 2002.5

ISBN 7 - 114 - 04270 - 1

I . 公... II . 高... III . ①公路路基—水淹—防治
②桥—水淹—防治 IV . ①U418.5②U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 030158 号

Conglu yu Qiaoliang Shuihui Fangzhi

公路与桥梁水毁防治

高冬光 著

正文设计:孙立宁 责任校对:尹 静 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787 × 1092 $\frac{1}{16}$ 印张:22 插页:3 字数:549 千

2002 年 7 月 第 1 版

2002 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—3500 册 定价:42.00 元

ISBN 7 - 114 - 04270 - 1

U·03131

前 言

山地、丘陵和高原约占我国面积的 70%,大多分布在广阔的中西部地区;另外,在我国东部从黑龙江到海南,山脉、丘陵也都有分布。广大山区资源丰富,少数民族众多,西部从北到南与十余个邻国接壤。目前,这些地区交通欠发达,经济发展较滞后。但是,广大西部地区正是 21 世纪我国经济开发的重点,现在正在兴起一个交通和经济基础设施建设的高潮。

广大山区气候、水文、地质等自然条件复杂多变,山洪和山体滑塌引起的公路水毁十分严重,长期以来制约了公路交通的发展,造成巨大的经济损失。特别是面临 21 世纪西部大开发的新形势,高速公路已在广大的西部山区修建,对公路水毁防治技术的需求更加迫切。另外,山区公路水毁防治对保护山区生态环境也有重要意义。

1983 年以来,为治理秦岭、巴山山区和黄土高原的公路水毁,长安大学公路学院(原西安公路学院、西安公路交通大学)先后与陕西省交通设计院、陕西省公路局合作,在总结多年来抵御公路水毁经验的基础上,从研究水毁发生和防治的机理出发,逐步开发了一系列山区公路水毁防治技术。这些技术,1995 年作为“八五”科技攻关成果通过了交通部的鉴定,1998 年获交通部科技进步奖,1999 年被选入《世界华人重大科学技术成果公报》。

这些技术逐渐受到全国不同地区的关注,正在作为交通部重点科技攻关成果推广试用。从帕米尔高原的昆仑山区、天山地区、甘陕黄土高原、秦岭及巴山地区直到燕山承德山区都已修建了试验工程。川藏公路水毁防护工程的设计也参考了这些技术。这些试验工程大都收到了积极的效果。

这些成果对河湾螺旋流及凹岸冲刷、丁坝和桥台的绕流及冲刷、护坦对坡脚或基础的防护机理等基本理论的研究,对于桥梁水毁防护、防洪、航道整治、铁路防护等都有一定的理论意义和使用价值。

从 1983 年至 1995 年,为这些课题的研究,西安公路学院完成水工模型试验 588 场,曾对陕西省 2.8 万 km 公路上的 350 余处防护工程使用情况进行调查分析,对 12 处河湾冲刷和 13 处防护工程进行了汛后观测并经过 15 项实验工程的验证。

陕西省公路局袁雪戡(原局长、教授级高工)、刘叙富(原养护处长,高工)、陕西省交通设计院钟晓山(高工)都先后领导和组织了公路工程现场的各项工作。特别是袁雪戡、刘叙富在领导组织“八五”攻关课题实施实验工程和研究成果在陕西省推广应用方面做了大量工作。西安公路学院高冬光教授、张义青高工、窦明健、田伟平、王亚玲等副教授全面参加并完成了野外勘察和实验研究分析工作。

“预防为主、防治结合”是公路防洪、防冰、防雪等应遵循的方针。预防自然灾害应从公路选线、桥位选择等最基础的勘测设计工作开始,而且像路线和桥梁布设与河流环境的配合等全局性问题,也只有这时才能解决。竣工后交付使用的公路和桥梁,应切实做好管理和养护。预防是主动、积极、长远的措施;治理往往是被动的、有针对性的局部的措施。两者相辅相成,密切配合。

“顺应水势、因势利导”和“因地制宜”是水毁防护设计的基本原则。对于形成灾害的洪水及其造成工程水毁的顶冲水流,应采取“顺其性、挫其峰、分其势、调其向、稳其流”等措施,化险

为夷,进行防护。这是我国人民千百年来与洪水灾害斗争经验的总结,是我国人民对自然规律的深刻认识。

我国疆域辽阔,气候、水文、地形、地质条件因地而异,相差悬殊。但是,气候、水文和河床变形的基本规律是共同的,书中所述的水毁防护机理、防护位置及范围、尺度等基本原理和要求也是相同的。如何因地制宜寻求适合当地条件,最有效、最经济的水毁防护形式、材料和施工工艺,则为当地的工程师们提供了广阔的创造天地。

公路和桥梁水毁防护也是实现工程与自然生态环境相协调,使两者成为一个和谐的整体的重要措施。工程决策和设计必须从工程本身效益和社会生态总体效益相统一为出发点,才能实现防灾减灾的最大效益。

水毁防治研究和推广的近20年中,得到了交通部科技教育司、公路司和陕西省、新疆维吾尔自治区、甘肃省交通厅领导及广大技术人员的大力支持和帮助。陕西省商洛地区曾在蒋焕章研究员指导下修建了一批轻型浅基防护试验工程,对我们总结前期工程成功和失败的经验也有很大帮助。另外,20年中,本人负责的课题完成了数百场不同类型的水工模型试验,始终得到张义青高工的支持,每项试验工作都与他的辛勤劳动分不开。特此向以上各位同志表示衷心感谢。

袁雪戡同志对手稿曾进行认真审阅并提出宝贵意见,特致衷心谢意。

为了推广公路和桥梁水毁防治技术,作者开发了“公路水毁防护设计软件系统”和“桥位(桥渡)设计软件系统”,设计者通过简单的界面操作,可快速完成各项水文水力计算分析和设计图表生成。

公路防灾减灾工作是长期的、复杂的,还有很多工作要做。由于作者水平和条件所限,难免书中有错误和不妥,敬请指正,不盛感谢。

高冬光
长安大学公路学院
2002年4月6日

目 录

第一章 公路和桥梁的水毁·····	1
第一节 水毁是公路最大的自然灾害·····	1
第二节 山区公路和山区河流·····	4
第三节 公路和桥梁水毁的主要类型·····	7
第二章 公路水毁的分析和对策·····	14
第一节 公路路基的冲刷和防护·····	14
第二节 路基防护的分类和型式·····	19
第三节 研究机理采取对策根治水毁·····	34
第三章 水文调查和洪水分析·····	40
第一节 水文资料的收集和整理·····	40
第二节 根据水文站观测资料推算设计流量·····	43
第三节 根据地区性公式推算设计流量·····	55
第四节 利用暴雨资料推算设计流量·····	69
第五节 流量和水位的相互推算·····	84
第六节 相关分析·····	101
第四章 弯道水流的冲刷和防护·····	108
第一节 概述·····	108
第二节 受弯道水流冲刷的公路和桥梁·····	109
第三节 弯道螺旋流·····	111
第四节 弯道水流的冲刷·····	120
第五节 河湾路基和桥梁的防护·····	125
第五章 丁坝和丁坝群·····	129
第一节 丁坝在路桥防护工程中的应用·····	129
第二节 丁坝和桥台的冲刷·····	131
第三节 丁坝的回流区长度·····	142
第四节 漫水丁坝·····	146
第五节 丁坝群对沿河路基的防护·····	150
第六节 丁坝对河湾凹岸路基的防护·····	157
第六章 护坦防护原理和设计方法·····	162
第一节 护坦在公路防护中的应用·····	162
第二节 弯道凹岸的护坦防护·····	166
第三节 丁坝和桥台的护坦防护·····	172
第四节 护坦和其他措施的综合防护·····	177
第七章 路基水毁防护工程的设计和施工·····	183
第一节 防护工程外业勘测和施工要点·····	183

第二节	防护工程设计实例	184
第八章	黄土地区公路水毁防治	198
第一节	黄土特性	198
第二节	黄土地区路基排水和水毁防治	205
第三节	黄土地区深冲沟桥头防护	209
第九章	新疆公路水毁防治	220
第一节	对新疆“96.7”洪水公路水毁的思考	220
第二节	新疆的暴雨和洪水	227
第十章	桥梁水毁的预防	235
第一节	我国桥梁水毁防治发展的历程	235
第二节	桥梁水毁的原因和类型	236
第三节	正确进行桥位选择和桥孔设计	238
第四节	河床变形和桥墩冲刷的预测	253
第五节	导流堤	265
第六节	桥墩潮汐冲刷	271
第七节	浮运沉井施工期冲刷的预测	276
第八节	冰塞对桥梁的影响	278
第九节	泥石流沟桥位勘测设计中问题	283
第十节	公路和桥梁的洪水冲刷监测技术	287
第十一章	桥梁水毁的治理	292
第一节	桥梁防护试验研究工程实例	292
第二节	桥梁防护工程实例	307
第三节	桩排防护	312
第四节	桥梁墩台平面防护和海漫式防护	321
第五节	桥墩基础抛石防护	329
第六节	墩台基础注浆加固	332
第七节	抗洪抢险	336
第十二章	“公路水毁防护设计软件系统”简介	341
参考文献		343

第一章 公路和桥梁的水毁

第一节 水毁是公路最大的自然灾害

洪水水毁是世界各国桥梁和公路共同面临的严重自然灾害。据统计,美国国家桥梁数据库中 58 万座桥梁,建在河流上的大约占 86%,它们大都经受洪水及河床的冲刷。1978 年布莱斯(Brice)统计,美国 1964 年到 1972 年的 9 年中,每发生一次地区性的洪水,引起的公路和桥梁水毁,带来直接经济损失达 1 亿美元;另外,1991 年瑟赫尔(shirhole)和何特(Holt)对美国已毁坏的 823 座桥梁的毁坏原因进行分析,得到下列结果,见表 1-1-1。

美国桥梁毁坏原因分析

表 1-1-1

毁 坏 原 因	所 占 百 分 率	毁 坏 原 因	所 占 百 分 率
洪水冲刷	60%	结构材料退化引起的破坏	4%
撞击破坏	13%	各种自然因素引起破坏	3%
超载破坏	10%	火灾	3%
多种因素综合引起的破坏	5%	地震	2%

从以上统计结果可知,在美国已毁坏的桥梁中,洪水水毁桥梁是超载毁坏桥梁的 6 倍、地震破坏桥梁的 20 倍。

英国司密斯(D.W.Smith)对 1847 年~1975 年发生的 143 例桥梁跨塌事件原因进行分类,得知洪水及基础移动引起的跨塌占 49%。

新西兰坎达沙梅(Kanda samy)和麦维尔(Melville)1989 年统计,60%的桥梁水毁是桥台及引道冲刷造成的。麦克埃(Macky)1990 年统计认为新西兰桥梁水毁带来的经济损失占公路水毁总损失的一半,而桥梁水毁损失中由桥台及引道破坏造成的损失占 70%以上。

上述各国统计表明,各国桥梁破坏、跨塌的主要原因是洪水冲刷造成的。洪水水毁是世界各国公路和桥梁面临的最严重的自然灾害。

多年来,公路和桥梁的洪水水毁及洪水引发的地质灾害(滑坡、塌方、泥石流),一直都是公路最大的自然灾害。1980 年以来,我国公路水毁带来的经济损失平均每年多达 10 亿元以上。例如 1987 年从青藏高原到浙闽山区、湖北地区,公路严重水毁。水毁最严重的还有安徽、湖南、广东、江西等省。据 10 余省(区)统计,冲毁路基 1840 多万 m^3 、路面 11400km、坍方 2020 多万 m^3 、全部水毁桥梁 933 座、涵洞 13410 道,防护工程 280 多万 m^3 。1990 年以后,随着我国公路里程增多和公路等级提高,公路水毁损失较前有所增加,且有逐年上升的趋势。例如仅 1996 年 7 月天山地区特大洪水就带来公路经济损失近 5 亿元之多。可以预见高速公路在广大山区修建之后,一旦遭遇特大洪水,洪水水毁损失将是巨大的。如何预防这些洪水灾害、如何将这些洪水灾害减小到最低限度,这正是我们要做的工作。

1958 年以来,我国在桥梁冲刷、桥孔长度及调治构造物等桥位设计水力水文方面,进行了广泛的研究(见《公路桥涵设计手册》桥位设计,2000 年版),对减少我国桥梁洪水灾害有显著效果。

1980 年以来,随着我国经济和公路技术水平的提高,大量的大跨度深基础桥梁的修建,桥梁因桥墩冲刷致使水毁的情况相对减少。但是,位于广大山区、山前区变迁性河流上的桥梁,桥台、引道及导流调治构造物被洪水破坏,造成水毁的事件,仍不断发生(图 1-1-1)。



a)



b)

图 1-1-1



c)

图 1-1-1 天山地区 1996 年 7 月洪水桥梁水毁

a)托克逊公路桥;b)和 c)阿拉沟公路桥

改革开放以来,特别是 21 世纪西部大开发战略的实施,广大中西部地区、边远山区公路建设迅猛发展,公路里程急剧增加,公路畅通已成为这些地区经济发展和人民生活提高的先决条件。然而,山洪爆发,沿河路基和桥梁冲断、挖方边坡滑塌,每到汛期各地公路和桥梁水毁仍频频发生(图 1-1-2)。



a)

图 1-1-2

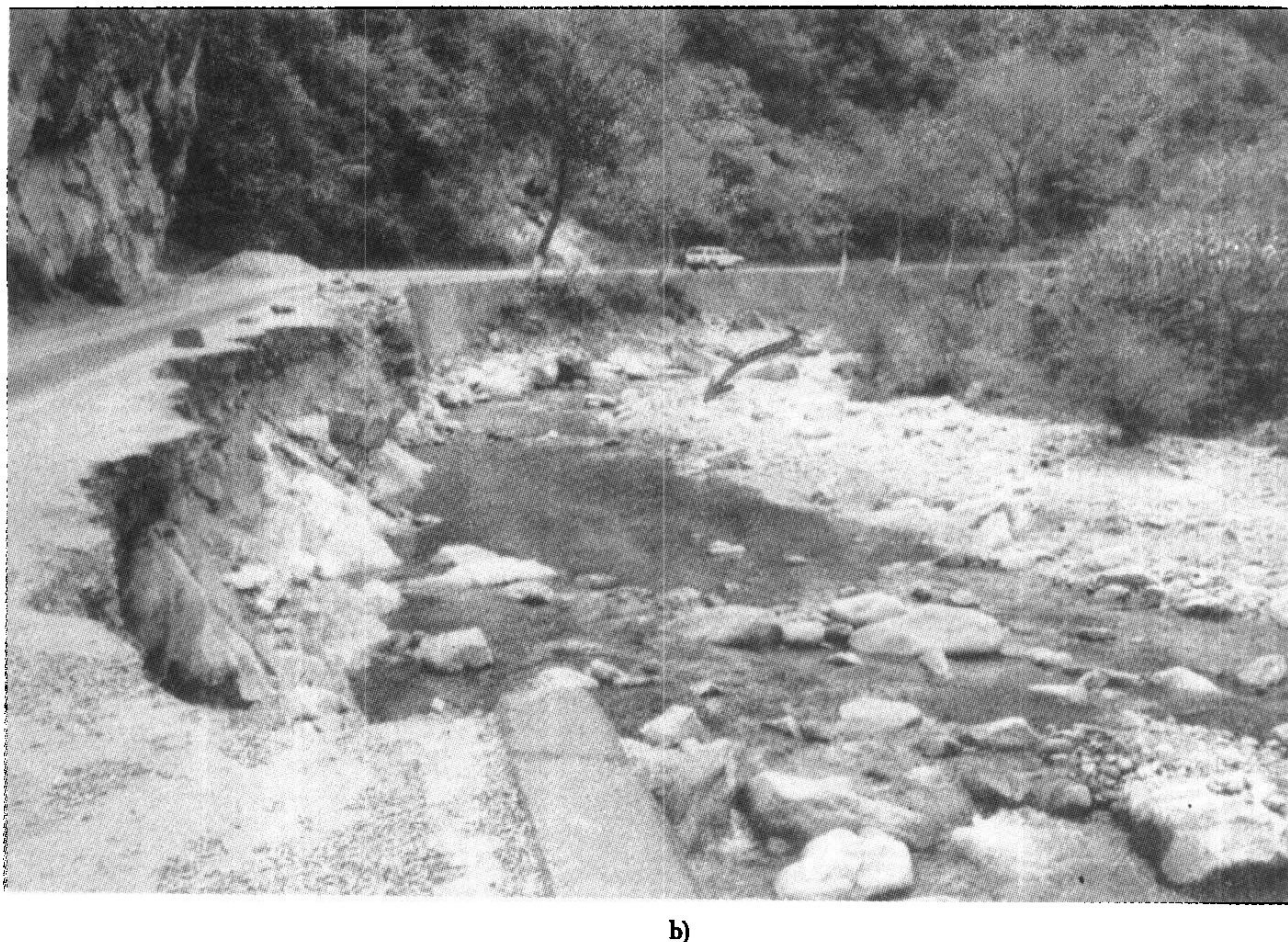


图 1-1-2 西部山区公路水毁

a)天山阿拉沟公路和楼房水毁(1996年7月洪水);b)西万公路水毁(秦岭,1993年8月洪水)

第二节 山区公路和山区河流

山岭地区,山高谷深,坡陡流急,地形复杂,地质构造多变。但是,山脉走向和水系的分布及其流向都很清晰,为山区公路路线的布设指明了方向。公路大都顺山沿水而行,称为沿河(溪)线;必要时路线通过垭口翻过山岭,沿另一侧河谷而行,这一段爬上山脊,通过垭口,再下降的路线,称为越岭线;有的个别路段是大体上沿分水岭布设的路线,称为山脊线。沿河(溪)线最多,里程最长;越岭线是穿越山脊线的必经路段,路线不会太长;山脊线较少见,路线较长的更少,黄土高原有的塬顶较平坦,两侧是深冲沟,建有较长的山脊线。

图 1-2-1 是美国洛矶山脉临近丹佛路段的峡谷沿河公路,路基沿河一侧采用带锚杆的钢板桩轻型支挡,基脚采用大块抛石防护,抛石缝隙已有植物生长,挖方一侧边沟水用钢管引入河道。这些构造十分适用于机械施工。

图 1-2-2 是美国洛矶山脉科罗拉多州越岭公路,海拔 4000m 以上,终年积雪,防滑和冻土病害是这里的主要问题。常要撒防滑剂溶雪,如撒食盐等。

图 1-2-3 是北京地区国道 111 的盘山公路,外侧临水,内侧绕山,由 3 个回头弯和一个大约 90°弯道构成。从图中可看出,在第二层回头弯顶的外侧挖方边坡,筑有挡土墙和边沟排水的出口,修筑的引水急流槽及下端的消力池等支挡和排水构造物。这些构造物一般为砌石或混凝土工程,便于人工施工。盘山公路挖方较多、构造物密集,对自然边坡及植被干扰较大,必须设置必要的支挡和地面、地下的排水系统,确保山体边坡稳定。

山区公路受地形控制,公路平面线形弯道接连不断,沿河路基多为半填半挖,两侧具有较高陡立的边坡。沿河公路路基常年受水流冲刷,主要是弯道凹岸冲刷和对岸挑流顶冲,十分严

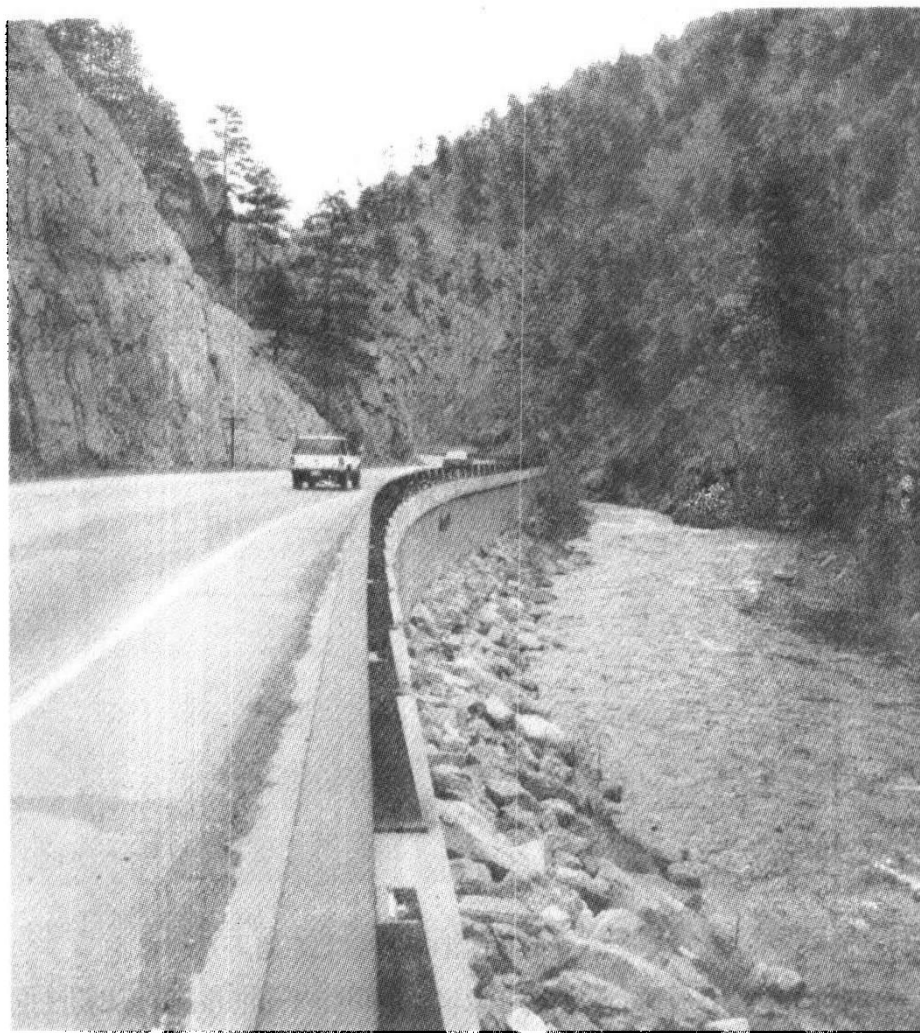


图 1-2-1 美国洛矶山脉峡谷沿河公路(丹佛地区,作者 1992 年 7 月摄)

重。即使公路为直线路段,但该路段所沿河流的上游有河湾,该路段也可能在其凹岸冲刷影响范围之内,仍会遭受冲刷;沿直河段的公路受河流对岸局部突出地形影响,将水流挑到对岸,也将引起路基边坡的冲刷。沿河流上游峡谷河段的公路,水流湍急,河床下切,沿河路基修筑在陡崖之上,崖脚掏空,风化坍塌,形成水毁。



图 1-2-2 洛矶山脉科罗拉多越岭公路(1992 年 7 月摄)

山区河流的河谷是在漫长的年代中,水流不断地纵向切割和横向冲刷逐渐形成的,横断面呈 V 字形和 U 字形,断面狭窄,河岸边坡呈直线或曲线形。

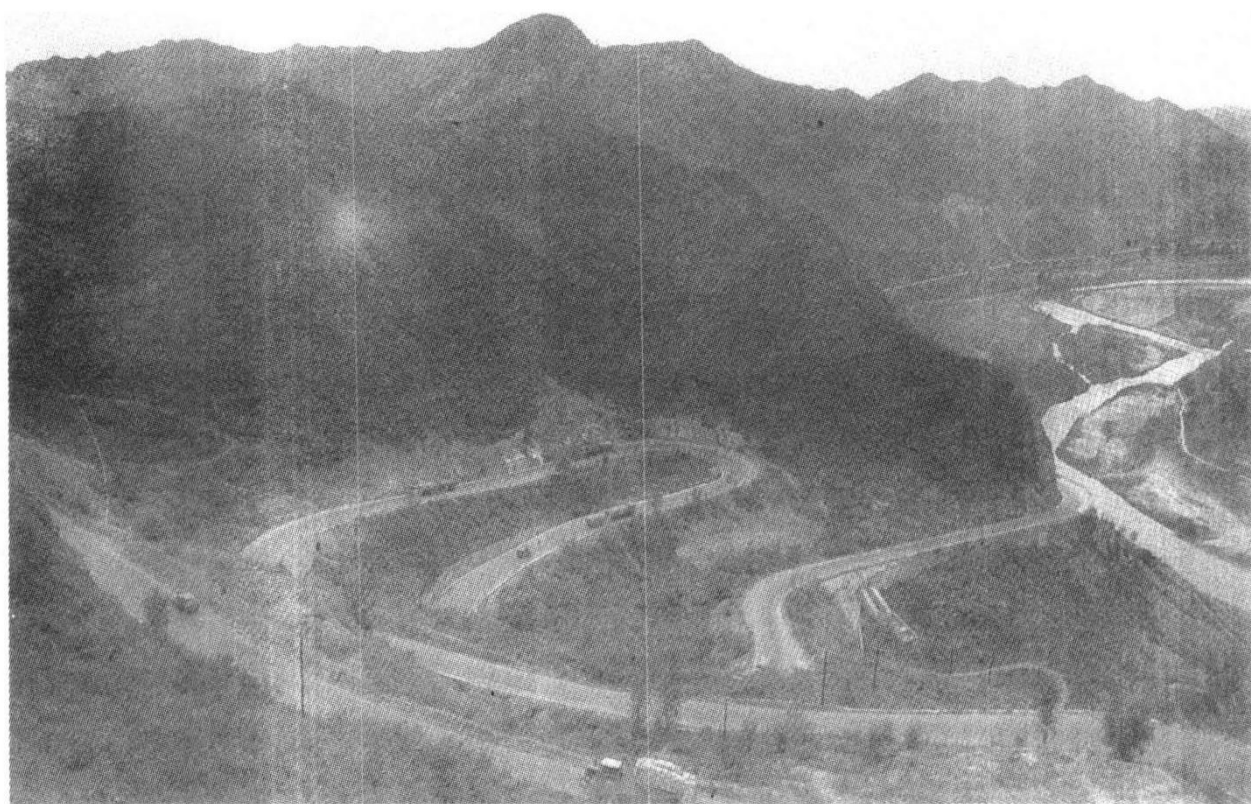


图 1-2-3 国道 111 的盘山公路(北京路段)

山区河流沿程多为峡谷段和开阔段(图 1-2-4)相间,平面形态随地形而变,极为复杂。峡谷河段两岸和河槽中常有巨石突出,急弯、卡口比比皆是,纵断面陡峻,急流、深潭上下游交错,有的河段形成台阶状。河床比降大,常在 $1‰ \sim 3‰$ 以上,而且沿程变化很大,水流流速急,可达 $6 \sim 8\text{m/s}$ 。水流紊乱,有回流、旋涡、跌水和水跃。山区河流流域水文特点是流域坡面陡,岩石裸露,汇流快,入渗少,暴雨强度大,洪水暴涨暴落,历时短,流量和水位变幅很大,一昼夜水位可变化 10m 之巨。河床由基岩、乱石、卵石组成,河床较稳定,但因地质构造复杂,易受地震、滑坡、断层、泥石流等影响。图 1-2-5 是昆仑山区大量泥石流沉积物覆盖了公路后,经清除通车后的情况。这种类似的泥石流在我国西北、西南山区分布较广。

山区开阔河段的河床一般由河槽和河滩组成,河槽较稳定。

河流从山区流出山口,到平原区河段之间是山前区的河段。从山区带来的大量砂、砾、卵石,沉积到山口下游附近形成冲积扇,称冲积漫流河段,冲积扇末端到下游平原区河段之间的过渡河段是变迁性河段。冲积漫流河段和变迁性河段分布很广,是公路和桥梁水毁的多发区。新疆、青藏、陇西等地冲积扇规模很大,公路、铁路大都沿冲积扇上端和下端边沿通过。变迁性河段全国各地都有,分布更广。被峡谷约束的水流突然从山区流出,流连骤减,挟带的大量河床质沉落在这里,河床宽浅,股流汊流众多,主流摆动变化不定;比降很大一般为 $1‰ \sim 60‰$,冲积扇的最大比降竟达 $50‰$;流速急,水深小,宽浅而湍急,常呈流速状态,即弗汝德数 $F_r = \frac{V^2}{gh} > 1.0$,水流破坏力很大,冲积扇上股流摆动常冲毁路基和小桥涵。冲积扇上常有泥石流发生,冲断或掩埋路基桥涵。变迁性河段的股流逼近沿河路基,常年冲刷坡脚,引起路基坍塌。

黄土高原因公路水毁,黄土湿润性影响很大,加剧了水流冲刷下切和边坡坍塌。虽然沿河公路防护的原理、位置、范围、工程形式及尺度的确定,与一般沿河公路基本相同,但是,应特别注意公路排水系统的设置。



图 1-2-4 山区河流开阔河段
(国道 312 沿丹江河段 1994 年 7 月洪水后,防护工程汛后观测,秦岭山区)



图 1-2-5 昆仑山区泥石流覆盖后的公路

第三节 公路和桥梁水毁的主要类型

公路和桥梁水毁的防护和治理,应从寻找和分析引起公路和桥梁水毁的具体原因入手、认清水流结构和导致水毁的机理,对症下药,采取相应的对策和防护、治理方案,才能成功。否则,凭经验办事,只从水毁路段的局部着眼,修建防护工程,造成屡建屡毁,重复水毁。这是一种常见的现象,应该避免。

从多年考察到的各地公路和桥梁水毁的事例中,按水毁的原因,可归纳为下列十种主要类

型：

一、河流弯道凹岸冲刷和对岸挑流的顶冲

山区河流、黄土高原河流的河床受地形控制,多急弯和众多的支流汇入(图 1-3-1)。山区公路大都因趋就势沿河布设,路线位置因地制宜或高或低,路基横断面多取半填半挖型式(图 1-3-2)。



图 1-3-1 山区河流航空摄影
(河西走廊,1996 年)



图 1-3-2 秦岭、巴山地区的沿河公路
(陕西、镇旬线,1993 年)

河湾水流在重力和离心力的作用下,形成螺旋流,冲刷凹岸,掏刷坡脚,冲毁路基(图 1-1-2b)、图 1-2-4、图 1-3-2);山嘴、巨石等地形突变,或急弯凸岸,将水流挑向对岸偏下游,主流沿多年斜流冲刷形成的深槽,以弯曲水流的形式逼向对岸,沿对岸坡脚流向下游,形成对沿河路基的冲刷,即使对岸是直岸,但水流性质仍属于凹岸冲刷;山区开阔河段和山前区变迁性河段,直段河槽内,弯曲的股流、汊流紧逼河岸流动,也形成股流的凹岸冲刷。

以上三种情况下,因凹岸冲刷造成的路基坍塌、冲断、甚至引起路基上方挖方边坡的滑坡及滑塌(图 1-3-2),据统计的约占山区公路水毁的 60% ~ 70%,因此,研究、认识弯道水流及其冲刷的规律,对于认识山区公路水毁机理和根治山区公路水毁有重要意义。

二、河道压缩引起的冲刷

人们在河滩上筑堤、造田、修路等人为地侵占洪水河槽,或地形突然使河道变窄,挤束水流,像在天然河流上修建桥梁一样,引起该河段的一般冲刷又称压缩冲刷。对于砂、砾、卵石河床可按由输沙平衡原理建立的简化公式计算断面不同位置的冲刷深度,详见第十章第四节桥下河床一般冲刷计算原理和方法。

1996 年 7 月天山地区发生特大洪水,阿拉沟流域超 200 年一遇的洪峰流量、将沿河公路路基冲得荡然无存(图 1-1-2)、桥头路基冲断(图 1-1-1b)、图 1-1-2b)是秦岭西万公路 1993 年 8 月洪水对峡谷公路因过水断面过窄而冲毁的路基(压缩冲刷和凹岸冲刷)。

当前值得注意的是,伴随我国西部大开发战略的实施,公路、铁路得到迅猛发展,广大山区因受地形限制,布线空间较小,往往将新建的高速公路和原有低等级路,甚至个别路段的铁路布设在同一河谷甚至峡谷之中。这样,势必挤占河道过多,河谷生态环境改变较大,一旦大洪水发生,将引起路基和桥梁严重水毁,带来巨大损失,见图 1-3-3。1996 年 7 月天山地区特大洪水给正在施工中的吐乌一级公路白杨河段带来了重大水毁损失,应引以为戒。

经验告诉我们,避免和减轻公路洪水灾害,最大限度地减小水毁损失,必须在选定路线走向和位置的可行性研究、各个勘测设计阶段就予以重视,尽量避免同一峡谷之中布设多条道路,对挤占河床要十分慎重。

三、路面淹没后急速退水对路面和路肩的冲刷

图 1-3-4 所示西万公路路面淹没后急速退水,在路面路肩拉出的冲沟。这种现象十分普遍,作者 1981 年在宝(鸡)汉(中)公路,1996 年在天山白杨沟 312 国道都发现有类似水毁现象。

路面漫水原因有:特大洪水超过了设计标准;公路本身或新建公路过度压缩河道,致使水位上升或床面淤高等。

沿河公路路基较低或对河床压缩过基的路段,山洪暴发,水位暴涨,淹没路面。急速退水,洪水归槽,流速很大,将路面冲出沟槽,路肩冲出缺口。对于挖方边坡一侧,截水沟、排水沟、边沟及小桥涵等排水系统不完备,未能发挥作用,暴雨径流沿路面经路肩流入河槽,也会冲毁路面和路肩。

四、黄土地区公路排水系统不完善或处置不当

积水、渗水、暴雨径流可将路基冲出深沟、陷穴,破坏十分严重。图 1-3-5 是 1997 年 7 月历时不长的暴雨,将兰州机场专用公路路基一侧冲成深沟的情况。

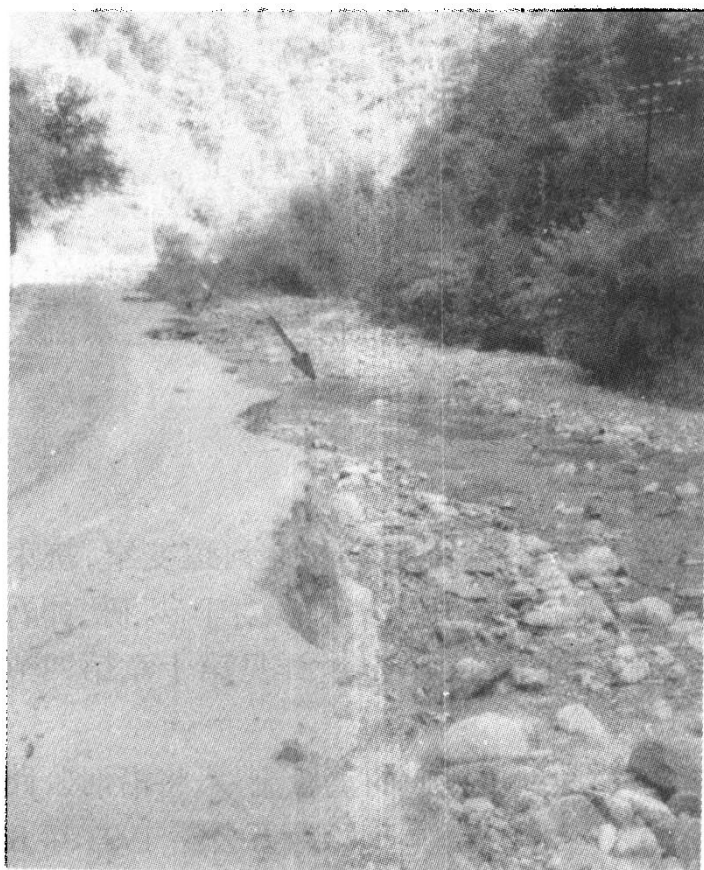


图 1-3-3 公路侵占峡谷河道造成路基水毁
(秦岭 1993 年 8 月洪水, 西万公路直路段)

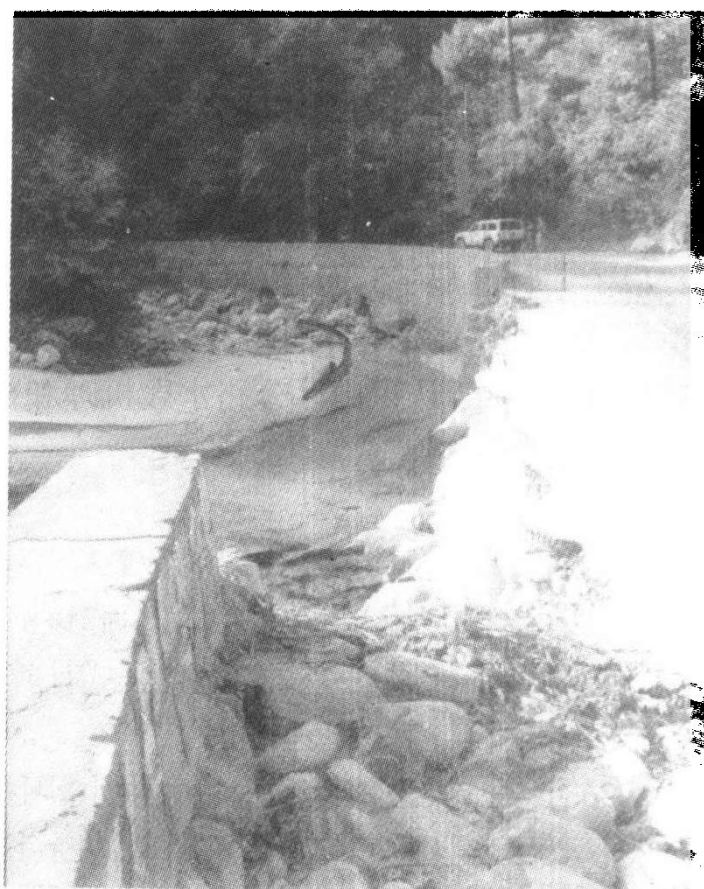


图 1-3-4 路面淹没后急速退水形成的冲沟
(秦岭 1993 年 8 月洪水, 西万公路)

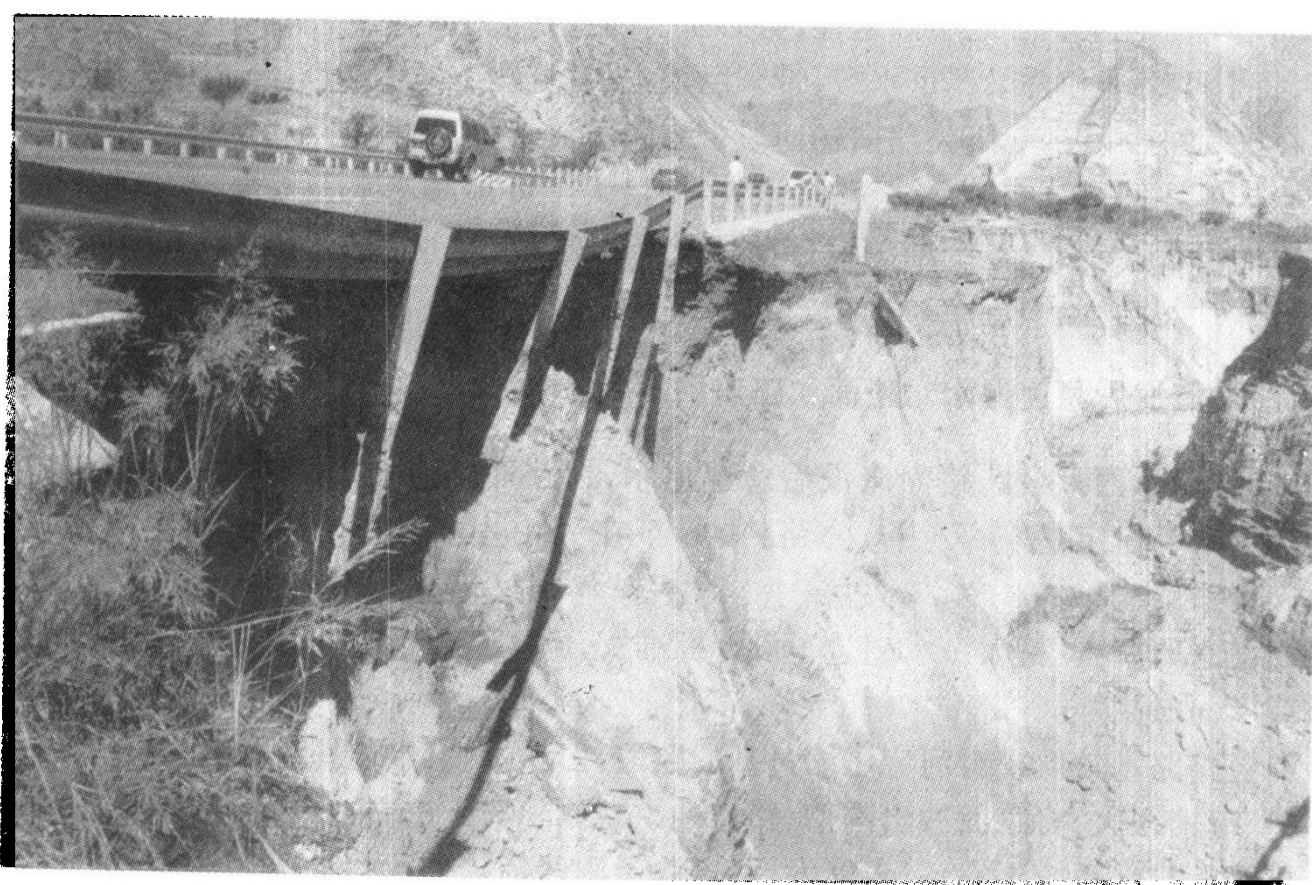


图 1-3-5 一次暴雨将黄土路基冲成深沟

五、坡面排水不利和坡脚冲刷引起的滑坡和路基滑塌、坍塌

挖方边坡山体坡面过陡, 风化严重, 堆积物较多, 或遇滑坡、断层等地质不良地段, 暴雨径流减小了覆盖层或岩层间的摩擦力, 使山体坡面失去稳定, 引起滑坡、塌方等地质病害。图