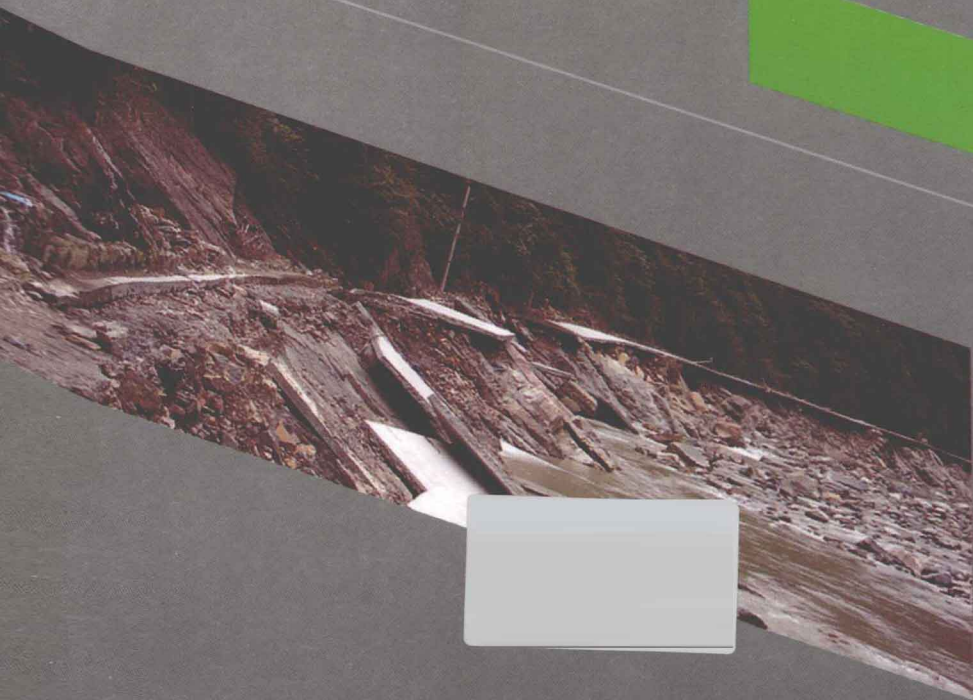


公路泥石流 防治工程技术指南

陈洪凯 唐红梅 沈忠仁 著
何晓英 刘 丽 王林峰
雍黎明 唐 兰 文光菊



科学出版社



公路泥石流防治工程技术指南

陈洪凯 唐红梅 沈忠仁
何晓英 刘 丽 王林峰 著
雍黎明 唐 兰 文光菊

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于对西部地区公路泥石流灾害的研究与实践,立足公路泥石流灾害的工程治理需求,从泥石流流量、流速、冲击、磨蚀等方面提出了进行泥石流防治工程设计的荷载确定方法,从控源减灾、拦挡结构、排导结构、防护结构、淤埋路段应急通行等方面系统构建了公路泥石流灾害防治技术体系,详细地提出了防治结构的工程计算方法、设计方法和施工方法,并以大量算例作支撑,是一本具有重要工程实用性的公路泥石流灾害治理论著。

本书可作为从事公路勘察、设计、施工与养护管理科技人员的专业用书,对从事公路泥石流灾害研究与防治的科技人员具有一定参考借鉴作用。

图书在版编目(CIP)数据

公路泥石流防治工程技术指南/陈洪凯等著. —北京:科学出版社, 2013
ISBN 978-7-03-036141-7

I. ①公… II. ①陈… III. ①公路-泥石流-灾害防治-研究
IV. ①U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 293035 号

责任编辑:刘凤娟 尹彦芳/责任校对:张怡君
责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本: B5(720 × 1000)

2013 年 1 月第一次印刷 印张: 13 3/4

字数: 261 000

定价: 56.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

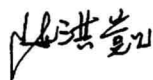
我国是世界上泥石流最发育的国家之一，尤其是西部地区，地形地貌差异大，地质条件复杂，构造运动强烈，灾害性气象条件出现频率高、分布范围广，公路泥石流灾情严重。汶川大地震、玉树大地震以及 2010 年西部地区强降雨，公路泥石流灾害呈现点多、面广、灾情重等特征。泥石流毁损公路构筑物、淤埋道路，强烈制约着区域社会经济发展。胡锦涛同志在 2010 年 7 月召开的西部大开发未来 10 年发展目标工作会上指出，深入实施西部大开发战略是实现全面建设小康社会宏伟目标的重要任务，事关各族群众福祉，事关国家长治久安，必须进一步开拓创新，以增强自我发展能力为主线，以科技进步和人才开发为支撑，着力提升发展保障能力。显然，防治公路泥石流灾害，保障公路交通运输安全，属于国家需求，也是泥石流减灾学科发展的逻辑需求。

近二十年来，本团队对公路泥石流进行深入系统研究，获得国家科技进步二等奖 1 项、省部级科技进步一、二、三等奖共 4 项，出版《公路泥石流力学》和《公路泥石流研究及治理》两部学术专著，授权国家发明专利 6 项，发表学术论文 200 余篇 (SCI、EI、ISTP 收录 23 篇)。研究成果形成了公路泥石流减灾理论与技术体系，在西部地区公路泥石流减灾中大量推广应用，解决了 3000 多公里干线公路沿线的重大泥石流灾害，成果整体处于国际先进水平，部分达到国际领先水平。基于已取得的研究成果，遵循公路泥石流灾害“立足就地，以排为主，导排护结合”的防治原则，提炼基础理论扎实、技术先进、应用成熟的防治技术，编撰本技术指南。

《公路泥石流防治工程技术指南》包括 12 章，第 1 章由陈洪凯教授承担，第 2、4、5、6 章由唐红梅教授承担，第 3 章由唐兰和文光菊承担，第 7 章由何晓英博士承担，第 8 章由唐兰和陈洪凯教授承担，第 9 章由王林峰博士和孙晓勇承担，第 10 章由刘丽博士承担，第 11 章由陈洪凯教授和钟盈承担，第 12 章由陈洪凯教授、沈忠仁教授、雍黎明高工和唐红梅教授共同承担。全书由陈洪凯教授校稿，团队 20 余位研究生复核了工程算例。

本指南在编撰过程中，得到周丰峻院士、鲜学福院士、郑颖人院士，交通运输部交通科学研究院王先进教授，中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所杜榕桓教授、崔鹏教授、王全才教授，西南交通大学胡卸文教授，四川大学艾南山教授，中山大学刘希林教授，兰州大学孟兴民教授，重庆市地质矿产开发局刘东升教授、曾云松教授，重庆市地质灾害防治工程勘查设计院刘光华教授，中煤

设计院重庆分院唐耿琛教授和赵洪波教授等专家学者的大力支持和热忱关怀，在此一并致以诚挚的谢意！虽然本团队竭以全力编撰本技术指南，但由于公路泥石流这一泥石流分支学科发展历史较短，众多基础理论和防治技术有待深入研究实践，因此，书中错漏难免，敬请各位同行批评指正。



2011 年 12 月 27 日

目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 总则	1
1.2 基本规定	2
第 2 章 公路泥石流灾害及其分类	4
2.1 公路泥石流灾害	4
2.1.1 公路与泥石流沟的组合关系	4
2.1.2 穿越泥石流沟的公路结构型式	5
2.1.3 公路泥石流灾害类型	6
2.2 公路泥石流分类	7
2.2.1 分类原则	7
2.2.2 分类方案	7
第 3 章 泥石流流量与重现期	10
3.1 泥石流流量	10
3.1.1 雨洪修正法	10
3.1.2 形态调查法	12
3.1.3 综合成因法	12
3.1.4 经验公式法	13
3.2 泥石流重现期	13
3.2.1 泥石流重现期分类	13
3.2.2 泥石流重现期与规模的关系	14
第 4 章 泥石流流速	15
4.1 稀性泥石流流速	15
4.1.1 斯里勃内依公式	15
4.1.2 泥石流动力平衡流速公式	15
4.1.3 铁道部第一勘测设计院西北公式	16
4.1.4 铁道部第三勘测设计院泥石流公式	16
4.1.5 云南东川泥石流流速改进公式	16
4.1.6 北京市政设计院泥石流公式	17
4.1.7 清水动能泥石流流速推理公式	17

4.1.8	洪正修稀性泥石流流速修正公式	18
4.2	黏性泥石流流速	18
4.2.1	莫斯特科夫公式	18
4.2.2	歇普公式	18
4.2.3	泥石流指数流速公式	18
4.2.4	东川蒋家沟泥石流流速公式	18
4.2.5	东川大白泥沟、蒋家沟泥石流流速公式	19
4.2.6	四川西昌黑马沙河、马颈沟公式	19
4.2.7	西藏古乡沟、东川蒋家沟、武都火烧沟公式	19
4.2.8	甘肃武都地区黏性泥石流流速公式	20
4.2.9	西藏波密古乡沟公式	20
4.2.10	云南大盈江浑水沟泥石流流速公式	21
4.2.11	西北公式	21
4.2.12	修正曼宁公式	21
4.2.13	蒋家沟泥石流表面流速公式	21
4.2.14	洪正修黏性泥石流公式	21
4.2.15	王继康 82-1 公式	21
4.3	水石流流速	22
4.3.1	日本高桥堡水石流流速公式	22
4.3.2	钱宁水石流公式	23
4.3.3	颗粒流公式	24
第 5 章	泥石流冲击力	25
5.1	流体动压法	25
5.2	船筏撞击法	25
5.3	地貌形迹法	26
第 6 章	泥石流磨蚀	29
6.1	泥石流磨蚀力	29
6.1.1	泥石流液相磨蚀力	29
6.1.2	泥石流固相磨蚀力	31
6.2	防治结构磨蚀速度与磨蚀量	32
第 7 章	控源减灾工程设计	33
7.1	技术类型	33
7.1.1	控制物源 —— 格构	33
7.1.2	控制水源 —— 排水结构	34
7.2	结构设计	34

7.2.1 锚杆格构设计	34
--------------------	----

7.2.2 锚钉格构及钉锚复合格构设计	40
---------------------------	----

7.2.3 排水工程设计	43
--------------------	----

第 8 章 拦挡结构设计	49
---------------------------	-----------

8.1 拦渣坝	49
---------------	----

8.1.1 坝址选择	49
------------------	----

8.1.2 坝型选择	50
------------------	----

8.1.3 坝高确定	50
------------------	----

8.1.4 荷载计算	52
------------------	----

8.1.5 坝的横断面设计	53
---------------------	----

8.1.6 排水孔布置原则	54
---------------------	----

8.1.7 稳定性验算	55
-------------------	----

8.1.8 工程算列	55
------------------	----

8.2 格栅坝	60
---------------	----

8.2.1 格栅坝类型	60
-------------------	----

8.2.2 梁式格栅坝基本组成	61
-----------------------	----

8.2.3 溢流口布置	62
-------------------	----

8.2.4 梁的型式和布置	62
---------------------	----

8.2.5 支墩设计	63
------------------	----

8.2.6 受力分析	63
------------------	----

8.2.7 实例分析	64
------------------	----

8.3 拦渣网	71
---------------	----

8.3.1 泥石流柔性防护技术原理	71
-------------------------	----

8.3.2 拦渣网设计	72
-------------------	----

8.3.3 工程实例	73
------------------	----

第 9 章 排导结构设计	74
---------------------------	-----------

9.1 结构型式及布置原则	74
---------------------	----

9.1.1 排导结构型式	74
--------------------	----

9.1.2 排导结构平面布置原则	75
------------------------	----

9.2 汇流槽	76
---------------	----

9.3 底越式排导结构	76
-------------------	----

9.3.1 受荷模式	76
------------------	----

9.3.2 排导槽内力计算方法	77
-----------------------	----

9.3.3 槽底简化计算方法 —— 反力直线法	79
-------------------------------	----

9.3.4 实例分析	80
------------------	----

9.4 顶越式排导结构	86
9.4.1 平面布置原则	87
9.4.2 荷载及其组合	87
9.4.3 断面设计	88
9.4.4 构造要求	89
9.4.5 内力计算	89
9.5 泥石流隧道	112
9.5.1 泥石流隧道结构型式	113
9.5.2 泥石流隧道荷载	114
9.5.3 泥石流隧道精确结构计算	117
9.5.4 泥石流隧道设计关键问题	123
9.5.5 实例分析	129
9.5.6 泥石流隧道简化设计	141
第 10 章 防护结构设计	142
10.1 抛石防护	142
10.1.1 适用条件	142
10.1.2 设计内容	143
10.2 石笼防护	144
10.2.1 适用条件	144
10.2.2 设计内容	145
10.3 护岸结构	146
10.3.1 护岸挡墙类型	147
10.3.2 护岸结构型式与功能	148
10.3.3 护岸结构荷载	149
10.3.4 结构验算	151
10.4 丁坝	155
10.4.1 适用条件	155
10.4.2 丁坝类型	155
10.4.3 设计内容	155
10.5 丁坝群	163
10.6 防撞墩	165
10.6.1 设计原则	165
10.6.2 设计要素	166
10.6.3 荷载分析	167
10.6.4 工程验算	167

10.7 挑坎防护	168
10.7.1 适用条件	168
10.7.2 防护原理	169
10.7.3 设计方法	170
10.8 工程算例	172
10.8.1 算例 1: 护岸挡土墙	172
10.8.2 算例 2: 丁坝群	174
10.8.3 算例 3: 挑坎	176
10.8.4 算例 4: 桥梁防护墩	177
第 11 章 泥石流淤埋路段应急通行技术	179
11.1 战备浮桥	179
11.1.1 工作原理	179
11.1.2 技术内涵	179
11.1.3 工程使用步骤	182
11.2 泥石流承载伞通行结构	183
11.2.1 工作原理	183
11.2.2 技术内涵	183
11.2.3 工程使用步骤	186
第 12 章 公路泥石流防治工程施工	187
12.1 施工前的准备	187
12.2 控源减灾工程施工	187
12.2.1 锚杆格构施工	187
12.2.2 排水工程施工	189
12.3 拦渣坝施工	190
12.3.1 一般规定	190
12.3.2 坝基施工	190
12.3.3 坝肩施工	191
12.3.4 拦渣坝坝体施工	191
12.4 梳齿坝施工	191
12.5 拦渣网施工	192
12.5.1 一般规定	192
12.5.2 施工流程及要点	192
12.6 速流结构施工	194
12.6.1 一般规定	194
12.6.2 汇流槽施工	194

12.6.3 速流槽施工	195
12.7 渡槽施工	196
12.7.1 一般规定	196
12.7.2 基础施工	196
12.7.3 渡槽浇筑	197
12.8 泥石流隧道施工	197
12.8.1 一般规定	197
12.8.2 泥石流隧道开挖	198
12.8.3 泥石流隧道浇筑	199
12.8.4 泥石流流体回填	200
12.8.5 导流板施工	200
12.9 护岸工程施工	200
12.9.1 一般规定	200
12.9.2 护岸结构施工	200
12.9.3 导流堤施工	201
12.10 丁坝施工	202
12.10.1 注意事项	202
12.10.2 一般要求	202
12.11 防撞墩施工	203
12.11.1 基坑	203
12.11.2 浆砌石块及混凝土预制块墩台	204
12.12 泥石流战备浮桥施工	205
12.13 泥石流承载伞通行结构施工	205
参考文献	206

第1章 绪 论

1.1 总 则

(1) 公路穿越泥石流多发地区时,一般情况下路线应尽量绕避。当必须穿过泥石流区域并且受泥石流威胁与危害时,应根据泥石流形成条件、泥石流类型、流动特点及冲淤活动规律,在加强监测和预报的同时,立足就地、以排为主、导排护结合原则,积极采用工程治理。有条件时尽可能利用生物措施做好水土保持和绿化工作,综合治理公路泥石流灾害。

(2) 公路泥石流防治的根本目标是防护公路构筑物(桥涵、沿河路基、挡防结构等),确保公路交通有序进行。

(3) 为使公路泥石流防治工程设计和施工符合技术先进、经济合理、安全适用、质量可靠和环境生态的要求,结合对公路泥石流系统深入的前期分析研究,撰写本技术指南。

(4) 公路泥石流防治工程技术指南包括防治工程设计和施工两部分内容。

(5) 公路泥石流防治工程设计应以泥石流冲击力作为主要外荷载,从构造措施及材料抗磨蚀能力两方面考虑泥石流磨蚀作用防护问题。

(6) 对于新建、改建或灾害路段重建的公路工程,泥石流防治工程应纳入公路建设工程一并考虑,并进行综合设计。

(7) 公路泥石流防治工程技术指南立足我国西部,面向全国其他地区的公路建设及养护过程中的泥石流灾害防治。

(8) 公路泥石流防治工程实施的重点区域原则上是公路工程建设与养护区域内,条件允许时可拓展到泥石流沟中上游或全流域。

(9) 公路泥石流防治工程包括控源减灾工程、拦挡结构、排导结构、防护结构、淤埋路段应急通行结构等技术类型,针对实际泥石流灾害点,应根据其成因及其致灾动力机制,优化选用防治技术类型以及多种技术类型的组合。

(10) 公路泥石流防治工程的质量、安全紧系国计民生,应具有足够的稳定性和耐久性,应能承受泥石流的冲击、磨蚀并具有抗御各种自然因素影响的能力。泥石流防治工程必须精心设计、精细施工、全程质量监控,确保工程质量、环境友好和景观协调。

(11) 泥石流防治工程施工应保护生态环境,尽量少破坏原有植被地貌。清除的杂物及工程弃渣需妥善处理,避免诱发次生地质灾害或造成河流淤埋堵塞等环境

地质问题。

(12) 泥石流防治工程设计与施工,应在相关质量标准允许的条件下积极采用经过技术鉴定或专利授权的新材料、新技术、新工艺。

(13) 公路泥石流防治除应遵守本指南外^[1,2],尚应符合中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察安全规范》(GB 50585—2010)^[3]、中华人民共和国国家标准《建筑边坡工程规范》(GB 50330—2002)^[4]、中华人民共和国国家标准《钢筋混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)^[5]、中华人民共和国国家标准《水土保持工程规范》(GB 50433—2008)^[6]和重庆市地方标准《地质灾害防治工程设计规范》(DB 50/5029—2004)^[7]等现行国家标准及行业标准的有关规定。

1.2 基本规定

(1) 公路泥石流灾害包括已经发生的和潜在的两种情况,可根据公路水毁灾情、规模大小、活动频率、流体性质、泥石流沟形态及物源储量与类型等标准进行分类,并据此判别拟实施的泥石流防治工程规模大小。

(2) 泥石流防治工程结构尺寸根据冲击计算结果确定,工程结构的使用寿命由泥石流磨蚀计算结果控制。

(3) 公路泥石流防治工程有效使用期限应与公路等级相适应,原则上不低于 25 年,防治工程营运期间应加强泥石流防治结构的毁损状况监测,及时采取相关补救措施,有效发挥防治结构功能。

(4) 对于沟谷泥石流,条件允许时应以小流域为单元,按以下四个类型区采取不同的工程措施,进行全面综合防治,做到标本兼治,除害兴利。

① 地表径流区:主要分布在坡面。充分利用控源减灾技术,在坡耕地修建梯田,或采取蓄水保土耕作法;荒地种草造林,实施封育治理,涵养水源;同时配合坡面各类小型蓄排工程,力求减少地表径流,减缓流速。有条件的流域可将产流区的洪流采取引导措施引走,以避免洪水沙石混合,减少形成泥石流的水源,降低泥石流孕灾动力。

② 泥石流形成区:主要分布在滑坡、崩塌易发生的沟段。应在沟中修建谷坊、淤地坝和各类固沟工程,控源减灾、巩固沟床、稳定沟岸、减轻沟蚀。

③ 泥石流流通区:在主沟道的中下游地段。应修建各种类型的拦渣坝、格栅坝和桩林等工程,拦截泥流体中粗大砾石等固体物质,尽量使泥石流转变为一般洪水或含沙水流。

④ 泥石流沉积区:主要在沟道下游平缓地区和沟口。应修建停淤工程与排导工程,排导结构应考虑有效抛程问题,控制泥石流对沟口和下游河床、河道的冲刷和淤埋。

(5) 公路泥石流防治工程设计前所需技术基础资料^[1]。

① 地质资料：治理区比例尺不小于 1:1000 的地质图，详细记录治理区的地质构造、地层岩性、第四纪松散土体等相关地质信息。

② 地震资料：包括震级、烈度、地震频率等，提出泥石流防治工程设计必须满足的抗震设防要求。

③ 地形资料：治理区比例尺不小于 1:1000 的地形图，治理工程布设地段的地形图比例尺不小于 1:500，明确勾绘泥石流流域的形态，提供流域面积、流域内多条纵横断面图，其中治理工程所在部位断面图比例尺不小于 1:200。

④ 气象资料：治理区及邻近区的历年降雨量及不同降雨频率的降雨强度，重点记录“中雨”“大雨”“暴雨”及“特大暴雨”等强降水的出现频率和发生时间。

⑤ 沟内土壤植被状况：植被类型及覆盖率。

⑥ 流域地质灾害发育现状：治理区水土流失、危岩崩塌、滑坡的详细分布、规模大小及活动程度。

⑦ 泥石流物源：形成泥石流的物源类型、分布情况、储量，尤其明确提出泥石流沟内不同强降水条件下物源可能失稳补给泥石流的数量。

⑧ 人类工程活动：明确给出泥石流沟内土地资源利用类型，包括林地、耕地、矿山开采、道路修建、水利工程兴建、工程弃渣，指出人类工程活动对泥石流沟地貌条件的影响情况。

⑨ 泥石流相关参数：泥石流种类（黏性泥石流、稀性泥石流或过渡性泥石流），泥石流体的固相比及固相颗粒粒径大小，泥石流活动程度、发生频率（高频、低频、潜在），冲击地貌形迹，泥痕高度，最大冲刷深度，对公路构筑物的危险性，泥石流流速、冲击力、磨蚀力，明确泥石流演化趋势。

第2章 公路泥石流灾害及其分类

公路泥石流是指存在于公路沿线并对公路建构筑物造成危害,影响公路交通正常营运的地质病害及其致灾动力学过程^[8],合理确定公路泥石流类型是防护公路泥石流灾害的重要依据。

2.1 公路泥石流灾害

从地貌学角度,泥石流属于灾害地貌过程及灾害地貌现象^[8],是地表形态演化的必然过程;从工程地质学角度,泥石流属于不良地质现象,是外力地质作用的表征之一^[9-12];从公路养护及公路地质安全角度,公路泥石流属于公路病害及公路水毁^[9]。公路泥石流灾害包括两方面:

- (1) 泥石流冲击毁损道路;
- (2) 泥石流淤埋毁损道路。

2.1.1 公路与泥石流沟的组合关系

1. 公路在泥石流沉积区横向穿越

当泥石流沟沉积区比较宽广且相对较稳定、后部山体地形陡峻、岩体结构破碎、岩体结构面与边坡的组合不利于边坡稳定,尤其是交线外倾临空时,在坡脚修建公路易造成大规模的滑坡以及出现严重的碎落病害,为此,通常将公路布设在沉积区内横向穿越(图 2.1)。在规模巨大的冲淤变动型沟谷泥石流内,由于泥石流具有大冲大淤的特点,公路易受到泥石流流体淤埋、冲击毁损等水毁作用。

2. 公路在泥石流流通区横向穿越

在泥石流沉积区冲淤变动显著、洪积扇处于河流的常年洪水位以下、后部山体地形比较缓和且岩土体较为稳定的条件下,通常将公路布设在流通区内横向穿越(图 2.2),但是公路构建筑物易受到泥石流的冲击毁损,尤其是岸坡防护工程存在重大的山洪及泥石流安全隐患。

3. 公路在泥石流沉积区-流通区过渡段横向穿越

在泥石流沉积区冲淤变动较为明显、洪积扇主体位于河流洪水位以下、后部山体比较陡峻、地质条件复杂、岩体结构破碎、结构面与边坡组合不利于边坡稳定等条件下,通常将公路布设在泥石流沟的沉积区和流通区的过渡地带(图 2.3)。

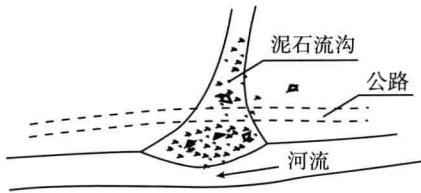


图 2.1 公路在泥石流沉积区横向穿越

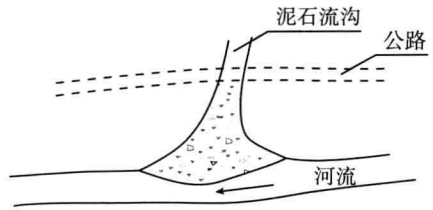


图 2.2 公路在泥石流流通区横向穿越

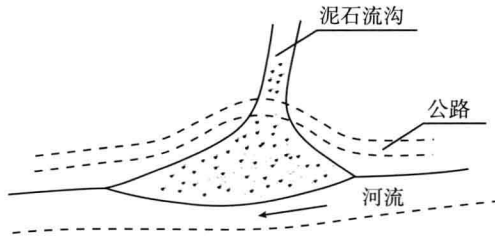


图 2.3 公路在泥石流沉积区-流通区过渡段横向穿越

2.1.2 穿越泥石流沟的公路结构型式

穿越泥石流沟的公路结构型式多种多样,可概化为四种类型,即涵洞(含单跨梁桥)、拱桥、多跨梁桥及过水路面^[8](图 2.4)。

对于规模较小、冲淤变动性不太显著的泥石流沟,可以选用涵洞或拱桥穿越。在涵洞及拱桥净空足以排泄泥石流体的情况下,泥石流对公路结构的毁损主要体现在对涵洞及拱桥桥台台身的冲撞及基础掏蚀方面,如川西南凉山境内跨越马鞍溪河的马鞍桥,东、西两侧桥台迎水面被泥石流块石冲击最终残留大量撞击坑,桥台基础因被泥石流体掏空 40% 左右而发生显著位移,导致上部结构出现大量裂缝。而在涵洞及拱桥净空不足以有效排泄泥石流体及山洪时,泥石流体将翻越路面,强烈冲击拱桥上部结构及涵洞盖板,并堵塞涵洞及桥孔,对路面结构造成强烈冲刷,排泄不畅时甚至会淤埋路基路面,如四川省凉山彝族自治州西昌至昭觉干线公路的短命桥,西桥台被泥石流冲击倾斜 2.0m 左右,桥身上淤积泥石流体 8.0~15.0m。

对于规模较大、冲淤变动较为显著的泥石流沟,可以采用多跨梁桥或过水路面穿越。多跨梁桥穿越方式最易造成泥石流水毁,主要表现在对桥墩的冲击毁损及基础变位方面,诱发上部结构开裂,因此,结构导流与防撞问题便十分重要。而采用过水路面,在泥石流排泄条件较好、灾害轻微时泥石流体对路面结构造成冲击磨损,严重时可将整段路基路面冲蚀殆尽;而在泥石流排泄条件不良,即沉积区地形平缓时,泥石流体容易淤埋道路。如新疆天山公路 K631 泥石流、K637 泥石流,穿越泥石流体的公路长度 300m 左右,从 1995 年以来淤积过程发育严重,路面以上

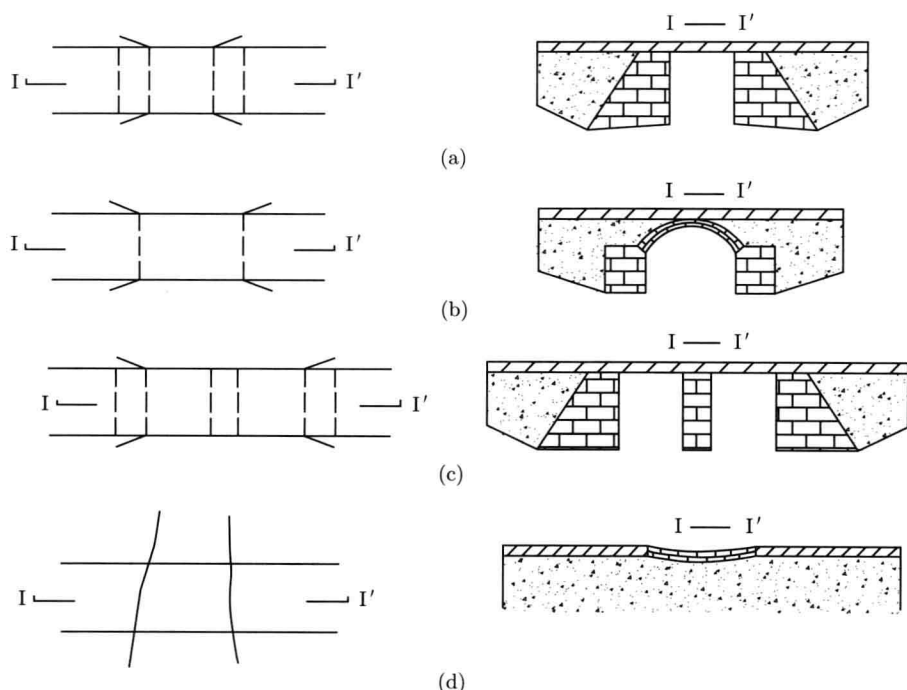


图 2.4 公路穿越泥石流沟的结构型式

(a) 涵洞 (含单跨梁桥); (b) 拱桥; (c) 多跨梁桥; (d) 过水路面

泥石流流体累计淤积厚度 30~40m, 最厚可及 60m。每次泥石流爆发后, 通过在泥石流流体表面铺设便道来保障公路交通通行。国道 108 线四川省汉源-石棉段的数条泥石流沟几乎均采用过水路面穿越, 每年泥石流过后人工清除路面上泥石流流体的费用达数百万元。

2.1.3 公路泥石流灾害类型

公路泥石流灾害可分为五类, 即桥台泥石流水毁 (图 2.5)、上部结构泥石流水毁 (图 2.6)、桥涵淤埋 (图 2.7)、桥台基础掏蚀 (图 2.8) 和路基水毁 (图 2.9) 等方面。

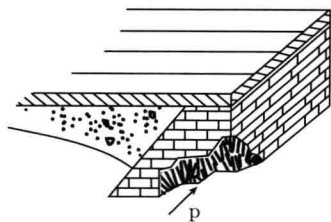


图 2.5 桥台泥石流水毁

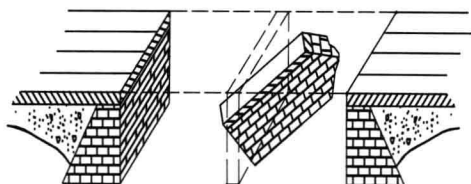


图 2.6 上部结构泥石流水毁