

李家春 田伟平 马保成 等 编著

Gonglu Dizhi Zaihai
Fangzhi Zhidao Shouce

公路地质灾害防治 指导手册



人民交通出版社
China Communications Press

李家春 田伟平 马保成 等 编著

Gonglu Dizhi Zaihai
Fangzhi Zhidao Shouce



公路地质灾害防治 指导手册



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书围绕公路地质灾害防治这一关系到公路交通安全畅通的重要问题,从公路地质灾害的主要类型、影响因素、灾害的调查与识别、监测预警与应急处置以及灾害防治措施等几个方面,以通俗易懂的方式进行了系统全面的介绍,并有针对性地回答了公路地质灾害涉及的相关问题。

本书图文并茂、通俗易懂,力争集科学性、趣味性于一体,目的是宣传、普及公路地质灾害防治的基本知识,引起社会关注和支持。本书可供广大公路工程技术及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路地质灾害防治指导手册/李家春等编著.—北京:
人民交通出版社,2010.10
ISBN 978-7-114-08609-0

I. ①公… II. ①李… III. ①道路工程—地质灾害—
防治—手册 IV. ①U418.5-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第160482号

书 名:公路地质灾害防治指导手册

著 者:李家春 田伟平 马保成

责任编辑:丁润铎 郭红蕊

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969、59757973

总 经 销:人民交通出版社

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:787×960 1/16

印 张:6.25

字 数:100千

版 次:2010年11月 第1版

印 次:2010年11月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08609-0

印 数:0001-2000册

定 价:30.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

谨以此书献给

从事公路自然灾害防治的勤劳勇敢的公路人!

序

Sequence

我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一，灾害种类多、分布地域广、发生频次高、造成的损失重。特别是近年来，受全球气候变暖，以及厄尔尼诺、拉尼娜现象的影响，我国极端气候事件日益增多，特重大灾害次数明显增多。继2008年南方冰冻雨雪灾害和汶川地震后，今年又发生了玉树地震，南方、西北、西南等地均发生历史罕见的强降雨，并引发泥石流等次生灾害，公路交通基础设施损失极其严重。

今年的各类自然灾害再次警示我们，必须刻不容缓地加强公路防灾减灾能力建设，不断提高公路抗灾能力，保障抢险救灾工作顺利进行。这项工作既是各级交通运输主管部门的法定职责，也是科学抗灾、防患于未然的必然要求。从2006年起，交通运输部决定列专项资金，开展干线公路灾害防治工作试点。5年来，交通运输部共组织完成了1万余公里的灾害防治试点工程，共投入专项资金近30亿元。这项政策的实施，对引导各地加大灾害防治投入，提高公路抗灾能力起到了重要作用。316国道陕西汉中段的试点工程，在汶川地震时表现出较强的抗灾能力，在震后4小时即抢通，较好地发挥了“生命线”作用。205国道福建南平段、316国道江西抚州段的试点工程，则在今年历史罕见的强降雨中经受了考验，为抗洪抢险和救灾工作提供了强有力的交通运输保障。广西、贵州、四川、重庆等省市的灾害防治试点路段，在这次历史罕见的洪灾中，其抗灾能力明显高于未治理的路段。

在干线公路灾害防治工程试点过程中，我们感到，在运用经济实用技术、科学设定防护等级和防护形式等方面，还存在一些不足。为此，交通运输部专门组织长安大学等有关单位开展了科学研究，旨在系统总结各地公路防灾的成功经验，将科研成果和工程实践相结合，完善公路灾害防治技术。

长安大学相关研究人员在相关科研成果的基础上，针对公路灾害的特点，分别编写了《公路地质灾害防治指导手册》和《公路洪水灾害防治指导手册》。这两本书注重理论和实践相结合，图文并茂，深入浅出，条理清晰，全面总结了两类灾害的主要类型，系统分析了灾害的主要影响因素，并引用了大

量实例讲解了灾害调查与识别、灾害预测预警与应急处置，以及公路灾损情况及防治对策等内容，具有很强的针对性、实用性和指导性。

做好公路灾害防治工程对提高公路抗灾能力，保证抢险救灾工作进行至关重要。希望广大公路工作者以科学的态度扎实工作，不断总结工作经验，积极推广经济适用的公路防灾技术，为提高我国公路防灾减灾水平贡献自己的才智和力量，也希望这两本书能够为大家提供借鉴，推动公路防灾技术水平的不断提高。

交通运输部公路局局长

Handwritten signature in black ink, consisting of the characters '李' and '华' in a stylized, cursive script.

2010年8月28日

前言

Preface

“强化防灾减灾工作。”

——胡锦涛总书记在党的十七大上的报告

“必须把自然灾害预测预报、防灾减灾工作作为关系经济社会发展全局的一项重大工作进一步抓紧抓好。”

——胡锦涛总书记2008年6月23日在中国“两院”院士大会上发表重要讲话时专门讲到防灾减灾问题

随着我国经济的快速发展和人民生活水平的逐步提高，公路路网建设不断完善，机动车辆保有量迅速增长，人们出行越来越便捷。截至2009年年底，我国公路总里程达386.08万km（未计香港、澳门特别行政区及台湾省统计数据），其中高速公路6.51万km，国道15.85万km，省道26.60万km，农村公路（含县道、乡道、村道）里程达到336.91万km，路网通行能力、抗灾保通能力和应急保障能力不断提高。然而，我国自然灾害的类型多、发生频繁、分布广泛，许多公路经常受到地质灾害的威胁，造成的损失也呈增长趋势。

近年来，我国极端气候事件频发，自然灾害及其衍生、次生灾害的危害性越来越严重。为了增强全社会防灾减灾的意识，自2009年起，国家设立“防灾减灾日”（即每年5月12日）。深入贯彻落实科学发展观，坚持做好公路防灾减灾工作，普及推广公路减灾知识与技能，唤起社会各界关注，并积极参与这项工作，对于提升公路防灾减灾的综合能力，具有重要的现实意义。

公路地质灾害是严重威胁公路安全畅通的主要自然灾害之一，具有自然属性和社会属性。灾害防治工作不仅是技术问题，还关系到国民经济和人们生活的方方面面，需要全社会的参与，应引起广泛关注。

由于各种原因，目前我国尚不能对所有路段的地质灾害实施治理，且主动预防和风险意识较为薄弱，公路地质灾害防治知识的普及与宣传力度还需进一步加大。为充分贯彻“以人为本，以车为本”的公路服务理念，加大公路地质灾害防治的宣传刻不容缓。

对于广大基层公路工程技术人员来说，普及公路地质灾害防治知识和技术，发挥各方面的积极性和主观能动性，最大限度地调动全社会的力量参与公

路地质灾害的防治，提高人们在灾害频发期间出行的安全意识，都可以大幅度减少公路交通受阻、中断及财产损失与人员伤亡。合理调配社会资源，把有限的资金用在减灾防灾最需要的地方，逐步减小地质灾害的危害，是目前公路地质灾害防治工作经济合理、行之有效的途径。

本手册的撰写有利于推进公路地质灾害防治的规范与普及，是贯彻落实科学发展观的具体体现，为构建和谐社会、保障公路可持续发展提供支持。

本手册的撰写得到西部交通建设科技项目“路基灾害防治技术推广及应用示范”（编号：2006 318 000 07）、“山区公路防排水评定方法与抗水灾评估指标的研究”（编号：2001 318 812 34）等科研项目的资助。

本手册由长安大学李家春、田伟平、马保成等编著。马保成、赵欢、孙启亮、李朋丽、范俊瑛、高婷等分别参与了第1、2、3、4、5章以及前言、附录等部分的编写。在撰写过程中，广泛借鉴了全国各地（特别是陕西、安徽、辽宁、甘肃、云南等省）公路地质灾害防治的成功经验，引用了国内外大量专著、科研报告以及相关标准、规范等资料，力争以通俗易懂、图文并茂，兼具科学性、趣味性的方式阐述公路地质灾害的相关问题。在此，对长期从事公路灾害防治研究的专家、学者以及工程技术人员表示崇高的敬意，并衷心期望本手册能够比较准确、全面反映公路地质灾害防治的研究水平，为从事公路建设与管理的人员，特别是从事公路养护管理具体工作的基层工程技术人员，以及公路使用者，在公路地质灾害防治工作中提供科学指导。

本书的出版不以盈利为目的。书中部分图片和报道源自互联网或报刊，主要起解释、说明、警示、科普等作用。在此，谨向图片和报道所有者表示衷心感谢。

鉴于编著者水平有限，不能顾及公路地质灾害的方方面面，错误和不足之处也在所难免，恳请广大读者批评指正。

编著者

2010年5月12日

目录

Contents

第1章 公路地质灾害及其主要类型.....	1
1.1 公路地质灾害的定义.....	2
1.2 公路地质灾害的主要类型.....	3
1.3 公路地质灾害的危害性.....	13
第2章 公路地质灾害的主要影响因素.....	19
2.1 崩塌、滑坡和泥石流的主要影响因素.....	20
2.2 路基沉(塌)陷的主要影响因素.....	25
第3章 公路地质灾害的调查和识别.....	29
3.1 公路地质灾害调查.....	30
3.2 公路地质灾害易发路段的灾前识别.....	36
第4章 公路地质灾害的监测预警和应急处置.....	45
4.1 预测信息.....	46
4.2 公路地质灾害监测.....	50
4.3 公路地质灾害预警及分级.....	54
4.4 应急处置.....	57
4.5 应急抢险措施.....	59
第5章 公路地质灾害的防治措施.....	65
5.1 公路地质灾害的防治措施.....	66
5.2 公路地质灾害的预防措施.....	71
5.3 公路地质灾害的修复措施.....	71
5.4 公路地质灾害防治的非工程措施.....	75

附录1	名词术语、缩略语的说明	83
附录2	公路地质灾害应急抢险流程图（供参考）	85
附录3	中国公路地质灾害分区图	86
附录4	天气预报及其他重要资讯的获取途径	87
附录5	公路地质灾害防治工程施工信息记录表	88
附录6	公路地质灾害调（巡）查表	89
附录7	公路地质灾害灾（险）情统计上报表	90

第 1 章

公路地质 灾害及其主要类型



随着我国社会经济的快速发展，公路建设日新月异，公路交通对于国民经济发展的促进作用越来越显著。

公路工程是修建在地壳表面的带状建筑物，路线穿越不同的自然单元，有时还会通过一些不良的地质环境，也就可能受到各种地质灾害的影响。同时，公路建设也可能引发各种地质灾害。我国是地质灾害多发的国家，各种地质灾害对路基、路面和桥涵、隧道及其防护设施的稳定和安全造成不同程度的威胁，轻者导致交通受阻、行车舒适性降低，严重时会造成公路交通中断、财产损失和人员伤亡，给公路沿线的经济发展、社会稳定和边防巩固带来非常不利的影响。

所以，公路地质灾害是造成公路损坏、影响公路畅通的主要自然灾害之一。而正确认识公路地质灾害及其主要类型与危害性，是公路地质灾害防治的前提。

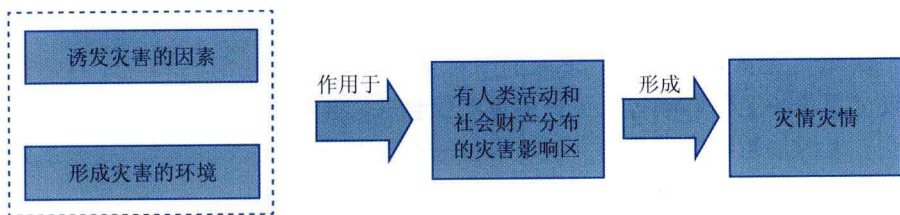
1.1 公路地质灾害的定义

凡危害人类生命财产和生存条件的事件通称为灾害，主要包括自然灾害和人为灾害，即人们常说的“天灾”和“人祸”。

我国自然灾害类型多，公路自然灾害主要有两大类：地质灾害（包括地震、滑坡、崩塌、泥石流、路基沉陷与塌陷等）和气象灾害（包括暴雨洪水灾害、冰冻雪雾灾害、风沙灾害等）。地质灾害是指在自然或者人为因素的作用下形成的，对人类生命财产、环境造成破坏和损失的地质作用。

一般而言，形成地质灾害必须有三方面的条件：①诱发灾害的因素（如地震、降水、冻融、河流冲刷和人类活动等）；②形成灾害的环境（如山区、黄土地区、岩溶地区等）；③灾害影响区有人类活动和社会财富分布（如各种建筑物、各种生活消费资料以及道路、桥梁、港口、机场、水库、公共设施等）。灾害灾情是这三者综合作用的结果。

按成因不同，地质灾害可分为自然因素引发、人为因素引发和二者共同作用引发的三类；按灾害持续时间长短，又可将地质灾害划分为渐变性和突发性两大类，前者如路基沉陷等，后者如崩塌、滑坡、泥石流等。突发性地质灾害发生突然、危害严重，常造成公路交通中断和人民生命财产损失，需要重点防治。



目前，地质灾害已成为严重威胁公路安全畅通的主要原因之一。这里对公路地质灾害定义为：以自然因素为主，或由自然因素和人为原因的共同作用，导致地质条件恶化，引起公路设施的严重破坏或服务大幅度下降，甚至造成公路交通中断或受阻的突发性事件。

1.2 公路地质灾害的主要类型

结合我国公路实际情况，将公路地质灾害分为以下几种主要类型。

1.2.1 崩塌类

崩塌类地质灾害是指在重力和其他外力（如地震、水、风、冰冻、植物等）共同作用下，岩土体从较陡的边坡上顺坡向下以垂直或翻滚运动形式为主的破坏现象。崩塌类灾害可根据块体大小分为崩塌、落石、碎落；根据崩塌的



岩质崩塌（2007年7月30日S207线K104+100处发生大规模山体滑塌，滑塌体长135m、高25m、宽10m，总方量在25 000m³左右，造成交通中断。预计抢修完成需要5天左右，陕西安康公路管理局）

物质组成划分为土质崩塌、岩质崩塌两类。

崩塌类灾害是山区公路常见的一种突发性的灾害现象。落石、碎落对行车安全及养护工作影响较大；而崩塌不仅会破坏公路、桥梁，还可能造成车毁人亡。有时崩积物堵塞河道，引起水位升高，造成沿河公路路基、桥梁水毁，严重影响交通运营安全。

崩塌是岩土体长期蠕变和不稳定因素不断积累的结果。崩塌体的大小、物质组成、运动路径、破坏能力等虽然各不相同，但崩塌都是按一定的力学机制发展形成的。为有效防治崩塌类灾害，可根据崩塌形成的力学机制将崩塌分为倾倒、滑移、鼓胀、拉裂和错断5种类型。

(1) 倾倒崩塌。在高陡边坡上，柱状或块、板状岩体以垂直节理或裂缝与稳定岩体分开，在裂隙充填物或裂隙水的水平推力作用下，岩体在失稳时绕根部一点发生转动性倾倒，一旦岩体重心偏离出坡外，岩体就会突然崩塌。



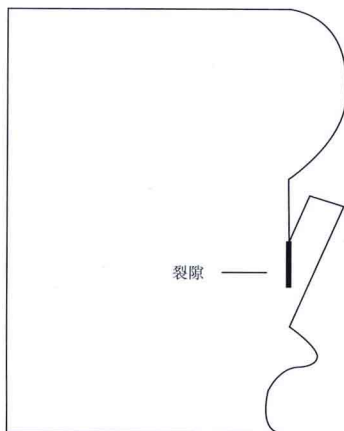
西藏昌都芒康县 G318 线海通沟段山体崩塌。崩塌体分三处从右岸冲入西曲河，堵塞河道，造成水位上升，淹没左岸上的 G318 线（资料来源：互联网）



2007 年 10 月 24 日凌晨 1 点，G307 线子洲段 K913+800 处发生特大土质崩塌（20 多万立方米），造成交通中断（陕西，榆林公路管理局）



a) 实例照片



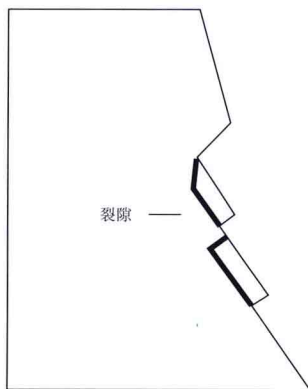
b) 破坏模式示意图

G316 线 K1805+800 ~ K1806+100 倾倒崩塌 (陕西安康, 2009 年 7 月)

(2) 滑移崩塌。在坡体上不稳定的岩体下部有向坡下倾斜的光滑结构面或软弱面, 在重力、裂隙水压以及水软化软弱面等作用下, 不稳定岩体沿光滑结构面或软弱面滑动, 一旦岩体重心滑出坡外, 崩塌就会发生。



a) 实例照片



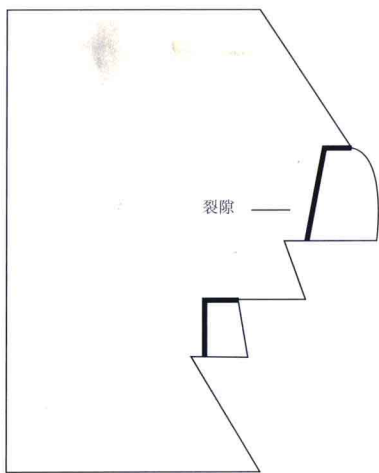
b) 破坏模式示意图

S202 线黄洛路石门隧道北口岩体滑移崩塌 (陕西商洛, 洛南公路段, 2007 年 7 月)

(3) 拉裂崩塌。边坡上有凸出悬空的岩体, 且岩体节理裂隙发育, 在重力作用下, 拉应力超过连接处岩石的抗拉强度时, 就会突然崩塌。



a) 实例照片



b) 破坏模式示意图

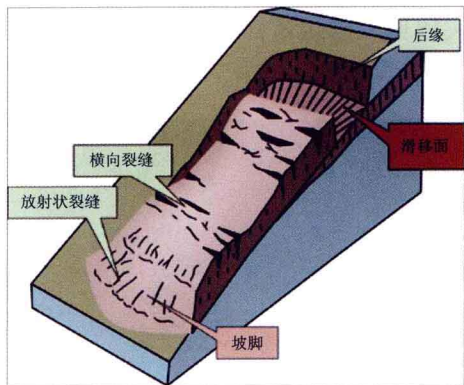
G316 线 K1804+600 ~ K1804+700 拉裂崩塌 (陕西安康, 2009 年 7 月)

(4) 鼓胀崩塌。当陡坡上不稳定岩体之下有较厚的软弱岩层或不稳定岩体本身就是松软岩层, 而且有长且宽的垂直节理, 把不稳定岩体和稳定岩体分开时, 在连续降雨或有地下水补给的情况下, 下部较厚的软弱层或松软岩层被软化。在上部岩体的重力作用下, 当压应力超过软岩天然状态下的无侧限抗压强度时, 软岩将被挤出, 发生向外鼓胀。随着鼓胀的不断发展, 不稳定岩体将不断地下沉和外移, 同时发生倾斜。一旦重心移出坡外, 崩塌即会产生。

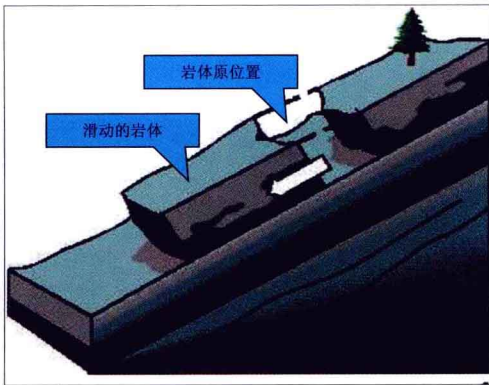
(5) 错断崩塌。陡坡上的长柱状和板状不稳定岩体, 当无倾向坡外的不连续面, 并且下部无较厚的软弱岩层时, 由于不稳定岩体的重量增加或下部断面减小等原因, 一旦自重所产生的剪应力超过岩石的抗剪强度, 岩体将被剪断, 产生崩塌。

1.2.2 滑坡类灾害

滑坡类灾害指滑坡、滑塌、坍塌、路基滑移等以山体或路基剪切破坏为主要形式的一类破坏现象。其中, 滑坡是一定自然条件下的斜坡, 由于河流冲刷、人工切坡、地下水活动或地震等因素的影响, 使部分土体或岩体在重力作用下, 沿着一定的软弱面或带, 整体或分散、缓慢、间歇性、以水平位移为主的顺坡向下滑动的地质现象, 俗称“走山”、“垮山”、“地滑”等。



滑坡示意图 (资料来源: 孙文盛主编《新农村建设中的地质安全保障》)



顺层岩质滑坡示意图 (资料来源: 互联网)



岩质滑坡 (渝黔高速公路, 中国新闻网)



土质滑坡 (江西三清山环山公路, 2008年6月19日)



土质坍塌 (湖南永州, 永蓝高速, 2010年4月29日)



路基滑移 (G316线 1828+370 ~ K1828+640, 2007年)

坍塌是介于滑坡与崩塌之间的边坡破坏形式, 多发生在土质边坡上。其力学机制是沿土体中稳定系数最小的弧形面发生剪切破坏, 破坏之后可能还会