

中国

ZHONGGUO NISHILIU

中国科学院—水利部
成都山地灾害与环境研究所 著

泥石流



商务印书馆

中国泥石流

中国科学院
水利部成都山地灾害与环境研究所 著

商务印书馆

2000年·北京

内 容 简 介

《中国泥石流》是我国泥石流研究的第一本专著。全书共四篇十七章,全面论述了中国泥石流形成机理,发育过程,分布分区、分类,泥石流力学、运动力学特征,数学模型,汇流机理和规模;防治的工程、生物、社会、行政措施,综合治理效益,观测实验,数据库和信息系统建立等方面内容。其特点是以总结我国泥石流研究最新成果和防治先进技术为基础,以区域泥石流为特色,内容全面、系统,资料翔实。可供从事泥石流研究者,防治和新技术系统研究的科技人员,从事山区资源开发、环境保护、计划管理人员参考,亦可作为大专院校地学的教学重要教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中国泥石流/中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所著. -北京:商务印书馆,2000

ISBN 7-100-03143-5

I. 中… II. ①中…②成… III. 泥石流-研究-中国 IV. P642.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 28354 号

保留所有权利。
未经许可,不得以任何方式使用。

ZHONGGUO NISHILIU 中国泥石流

中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所 著

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街36号 邮政编码100710)

商 务 印 书 馆 发 行

河北三河市艺苑印刷厂印刷

ISBN 7-100-03143-5 / K·676

2000年11月第1版

开本:787×1092 1/16

2000年11月北京第1次印刷

印张:24.5

定价:48.00 元

《中国泥石流》

编辑委员会

主 编：唐邦兴

副主编：周必凡 吴积善

编 委：(以姓氏笔画为序)

韦方强	刘世建	刘希林	朱平一
周必凡	吴积善	何淑芬	罗德富
胡平华	钟敦伦	柳素清	唐邦兴
崔 鹏	谢 洪		

序 一

《中国泥石流》是一本论述全面、系统总结了 20 世纪 50 年代以来我国对泥石流研究和治理成就的高水平科学著作,全书由中国科学院成都山地灾害与环境研究所 14 位专家合作撰著。他们中有多位是我的老同事、熟识者,自 60 年代以来一直致力于泥石流考察、实验和防治工作,有丰富的经验和比较高的理论水平,他们已经为国家作出了许多贡献,现在已达到国家规定的退休年龄,仍然壮心不已,奋力拼搏,把毕生研究的心得和体会,通过本书贡献给国家与人民,也为 21 世纪世界学术宝库中增添新知。

这本书得来不易,除了十多位作者本身的研究成果,还参考了大量文献、泥石流观测试验站、泥石流动力学实验室和几十处泥石流灾害防治工程的记录与经验,可以说,间接为这本书出力的单位可能以百计,科学技术人员和工人应以千计。这样一项宏伟的集体研究成果是改革开放以来,中国坚持社会主义制度优越性的一种表现。

中国是一个地形上多山、地势高差大、地壳结构不稳定、季风降水变率大,并多冰雪融水的国家,泥石流有比较广泛的分布,特别是西南地区尤盛,近二百年来,生态与环境破坏日益加重,泥石流也越来越多,导致生命和财产的损失,难于准确统计。但是在 20 世纪 50 年代以前的长时期,我国科学界对泥石流的形成和变化知识,可说是一无所知,谁碰到泥石流灾害,就自认倒霉,无可奈何把它冠以“龙扒”“水炮”等迷信色彩的名词,或者张冠李戴,在西藏以至巴基斯坦等称之为“冰川爆发”。在中国大陆自 20 世纪 50 年代起开展了大规模的经济建设,山区公路、铁路的兴建,工、矿企业的发展,对所碰到的泥石流灾害必须加以处理,总得摸清泥石流灾害的情况和原因,提出适应或工程治理措施。事有凑巧,1963 年,我去西藏考察,到了拉萨,西藏交通厅的徐总工程师对我说:“川藏公路有多处‘冰川爆发’,造成车毁人亡,严重阻塞交通,危害公路,你们是冰川专家,请务必去看看,提出一些办法,减轻那里的危害”。我们义不容辞地驱车前往,到灾害最重的波密古乡现场,经粗略考察,分析情况,对照文献,认为那里所发生的灾害与冰川有关,但不是“冰川爆发”,那是由于高山海洋性冰川的大量融水和雨水,在陡峻的山谷中冲刷冰川堆积物形成了粘性泥石流,突然大规模爆发造成的重大灾害,要摸清它的发生与变化特征,提出适当防治措施,必须组织专门考察队,进行深入的定位观察研究。这个意见迅即得到西藏交通厅的赞成,次年,即由冰川冻土研究所(当时中国科学院地理研究所冰川冻土研究室)和西藏交通厅合作组成一个小型多学科综合考察

队,由杜榕恒同志带队,在那里冒险犯难,艰苦工作了2年,这大约是我国首次对泥石流进行专门的科学研究。这次考察是成功的,对泥石流的认识水平有很大提高,1965年考察结束后,其成果没有来得及系统总结和出版发表,就爆发了史无前例的实际上是中国大灾难的“文化大革命”,总结出版就受到致命的打击。不幸中的大幸是由上海科教片电影制片厂殷虹等同志在古乡现场冒险摄制的《泥石流》科教片赶在“文革”动乱前问世,受到热烈欢迎在全国放映。随后“泥石流”就成为家喻户晓的科学名词,“泥石流”的特殊现象和“不可轻视”地深深地印入到了有关科技人员和领导同志的脑海中。在“文革”动乱的后期,我奉命组织率领中国科学院西南“三线”地区泥石流考察队,偕同唐邦兴(本书第一作者)、杜榕恒、李鸿璜等同志,首先到西昌考察正在兴建的成昆铁路遇到的泥石流问题,经过十天左右的考察,查明西昌市安宁河东岸有若干泥石流沟,多次爆发泥石流,成昆铁路是走东岸冒泥石流风险还是不经西昌市、改线到没有泥石流的西岸通过,成为存在争议有待决策的重要问题。我们认为原东岸设计线路对桥梁布置已作了相当安全考虑,就分析洪水、粘性泥石流和稀性泥石流三种灾害可能发生的情况论,洪水风险大,粘性泥石流到不了设计铁路线,仅稀性泥石流会对铁路线有所干扰;因此,建议成昆铁路仍采取原东岸通过方案,但有3条河的桥位应适当下移和增大桥孔,让稀性泥石流通过,铁路路基还应增设涵洞、护坡等排水、护路设施,鉴于该段泥石流是近一、二百年破坏山区森林造成的,还需要造林保护水土。上述建议申报给筑路指挥部,得到赞同,以后筑路实践证明我们的意见是正确的。这次考察也是成都山地灾害与环境研究所在泥石流考察、防治理论研究方面的一个良好开端。十年动乱结束,迎来了科学的春天,1978年,全国科学大会后,我出任中国科学院兰州冰川冻土研究所所长,考虑到西南地区的泥石流研究远较西北重要,权衡轻重,克服本位思想阻力,支持将冰川冻土研究所泥石流研究室的主力,在多数人员的自愿原则下迁到成都,和原成都地理研究所有关部门合并,成为中国泥石流研究中心,此议迅即得到中国科学院领导赞同而顺利执行。自20世纪50~60年代起,西南、西北的铁路设计部门,关君蔚先生所在的林业部门等先后都由于实际需要而开展了泥石流考察与治理工作,他们也都有一段艰辛历史,众流归海,经过几代人的努力,年轻一代攀着老一代人的肩膀层叠而上,经过知识的积累和深化,到世纪之交的2000年,经过本书多位作者的集中和洗炼,形成了本书4篇17章的规模,展示了解放后建立的一门新兴学科领域——中国泥石流学的博大精深内容,我作为年过八十的老兵,看到中、青年们取得的远远超越我初时想象的成就,感到无比的欣慰和喜悦。然而不能就此而止步,在全球一体化时代,每一门科学的成就都是全地球村民的共同财富,在写好《中国泥石流》专著中文版后,建议作者们再接再励并约几位英文好

的以至热心的外国学者帮助,编写一本《中国泥石流》英文版,为适合国际上需要,英文版和中文版可以有相当差别,内容更精炼,叙述更深入浅出,目的在使新中国泥石流研究成果能为国际上广泛承认和接受,为第三世界那些泥石流灾害频繁的发展中国家提供简易省钱的治理泥石流榜样。

施雅风

中国科学院院士

2000年1月12日于南京

序 二

《中国泥石流》一书内容全面系统。它总结反映了半个世纪以来我国在该领域的主要研究成果,对我国泥石流的区域分布规律和发育过程作了全面的论述;对泥石流形成机制和堆积规律、运动力学特征、灾害综合治理、定位观测与模拟实验,以及泥石流信息系统的建立等方面进行了深入的理论分析和实验研究;进而根据长期治理工程实践总结了几十处泥石流灾害防治试点和范例,提出泥石流形成的环境因素与主因素,在泥石流力学的颗粒散体重力流、泥石流综合治理模式及效益评价系统等方面都有所创新。本书理论联系实际,不仅能具体指导我国泥石流防治工作迈入当代科学的轨道,具有重要的理论启迪意义,而且在防治泥石流实践中,能使之变害为利,融社会效益、生态效益和经济效益于一体,具有重要的现实指导意义。我本人多年来就曾从几代作者们陆续取得的大量的研究成果所发表的许多有价值的研究论文专著和实践经验中深受启迪教育。为了推动我国泥石流及其防治的研究步入一个新阶段,集我国泥石流研究成果大成编著本书出版,无疑具有重大意义。在本书付梓之际,欣然愿为之序,以表祝贺并为之推荐之。

吴君蔚

中国工程院院士

1999年11月12日于北京

前言

泥石流是山区特有的一种突发性的自然灾害现象。它常发生在山区小流域,是一种饱含大量泥沙石块和巨砾的固液两相流体,呈粘性层流或稀性紊流等运动状态,是地质、地貌、水文、气象、土壤、植被等自然因素和人为因素综合作用的结果,是山地环境恶化的产物。

我国是个多山地国家,山地面积广阔,又多处于季风气候区,加之新构造运动强烈、断裂构造发育、地震活动频繁、地形复杂,从而具备了泥石流形成的条件,使我国成为世界上泥石流最发育、分布最广、数量最多、危害最重的国家之一。据调查,全国有 29 个省、市、自治区、直辖市分布有泥石流沟约 8 500 多条(编目统计),常受其危害和影响,其中以四川、云南、西藏、甘肃、陕西、辽宁、台湾及北京等最为严重。中国泥石流暴发频率之高、规模之大,远非世界其他国家所能相比,如云南东川蒋家沟泥石流每年都要发生 10 次以上,最长的一次活动过程达 82 小时。西藏波密古乡沟 1953 年暴发的冰川泥石流洪峰流量达 2.86 万立方米/秒,洪峰模数达 1 135 立方米/(秒·公里²),这是并非一般水文概念所能解释的。

泥石流含有大量泥沙石块,具有发生突然、历时短暂、来势凶猛、大冲淤、破坏力极强的特点,而使人们防不胜防,各方面造成损失极大。半个世纪以来,随着山区经济建设的发展,其中因有的措施不当、生态平衡不断遭到破坏,致使一些山区泥石流危害相当严重。目前,由泥石流所造成经济损失,呈明显的逐年加大的趋势。20 世纪 90 年代以来,我国泥石流每年造成损失约 33~36 亿元,死亡数百人。全国受到危害的县级城市有 100 多座,还有 20 余条铁路干支线和公路干线、江河航道、大型水利水电工程等受到威胁。可见泥石流危害所造成的损失是触目惊心,不容忽视。

我国泥石流防治工作从 20 世纪 50 年代开始,至今,已经取得了很大的成效,各级政府领导、专家学者和广大的人民群众都很重视泥石流灾害防治,20 世纪 90 年代以来与联合国“国际减轻自然灾害十年”活动紧密地结合,为发展泥石流学科,为减轻自然灾害做出了自己的贡献。

我国泥石流研究起步较晚。1949 年前泥石流研究工作基本上处于空白状态。新中国建立以后,随着经济建设和科学事业的发展,泥石流研究和防治工作得到了不断发展。20 世纪 50 年代,我国泥石流工作处于伊始阶段,首先在公路、铁路修建中遇到泥石流灾害,开展了泥石流的调查和观测工作。20 世纪 60 年代,是我国泥石流工作发展阶段。除铁路、公路部门外,冶金、地质、

水利、航运、农林和高等院校也相继开展了泥石流的调查研究,而中国科学院率先开辟了泥石流专题研究,先后开展了川藏公路(西藏境内)冰川泥石流研究和成昆铁路暴雨泥石流研究,为解决铁路、公路建设中的泥石流灾害作出了贡献,培养了一大批科技人员,壮大了泥石流研究队伍;“文革”期间泥石流科研工作虽受到了干扰和破坏,但仍有部分科研人员坚持研究工作,开展了以探索泥石流内部规律为主的定点观测试验和与生物措施相结合的综合泥石流防治工程的研究。20世纪70年代至80年代,中国科学院把泥石流列为重点发展学科,调整了人员,形成了中国科学院泥石流研究和发展中心,即现成都山地灾害与环境研究所,开展了青藏高原、横断山地、成昆铁路、云南小江、大盈江、辽东丘陵山地等区域泥石流研究,建立了云南东川蒋家沟泥石流观测研究站(为中国科学院对外开放站)、九寨沟泥石流综合研究站、泥石流动力学模拟实验室。这些台站的建立与开放,已成为我国泥石流观测实验研究和泥石流防治与保护环境研究的最好场所,为国内外泥石流学者和专家提供了较好的科研条件和基地,有力地推动了泥石流学科的发展。与此同时,在区域泥石流研究方面,深入探讨了第四纪以来地质发展、地貌演变、气候变化、冰川进退以及人类经济活动等诸因素对泥石流发生、发展的影响。另外,在泥石流专用测试仪器、航空遥感技术、地理信息系统以及对小流域泥石流灾害治理和预警等方面也取得长足的进步,使我国泥石流研究跨入了世界先进行列。1980年、1986年中国科学院主持召开了第一届和第二届全国泥石流学术讨论会,1990年铁道科学研究院西南分院主持召开了第三届全国泥石流学术讨论会,1994年甘肃省滑坡泥石流研究会主持召开了第四届全国泥石流学术讨论会,1998年中国科学院成都山地灾害与环境研究所中国科学院东川泥石流观测研究站主持召开了第五届全国泥石流学术讨论会。通过全国泥石流学术讨论会召开,展示交流了最新研究成果,展望未来,开拓了泥石流研究和防治新前景,为把我国泥石流研究推向新阶段,使之跻身于世界前列具有重要意义。

泥石流现象几乎在世界上所有的山区都有可能发生,尤以最新隆起山系最为活跃,它遍及全球50多个国家,其中有23个国家较系统地开展泥石流及其防治研究工作,而日本、美国、俄罗斯(原苏联)、奥地利等国成绩显著,水平领先,其他如英国、法国、德国、瑞士、南斯拉夫、罗马尼亚、印度尼西亚、加拿大、澳大利亚、哈萨克斯坦和新西兰等国也作了许多泥石流研究和防治工作。国际泥石流研究与防治已有100多年的历史,20世纪70年代以来有了显著进展,主要体现在:第一,进行了泥石流调查和编目统计,许多国家公布了全国泥石流沟条数,如1978年日本公布了全国泥石流沟6.2万条等;第二,日、美等国应用电子计算机技术于泥石流观测实验研究,提高了观测精度和研究水平;第三,日、美、俄等国深入研究粘性泥石流的形成机理、运动过程、流体结构

和力学性质,建立了流型和计算公式;第四,20世纪80年代以来,泥石流科技合作和学术交流及专题研究,特别是在“国际减轻自然灾害十年活动”中进一步加强,促进泥石流学科的发展。

我国开展泥石流研究已近半个世纪,在泥石流理论研究和防灾减灾诸多领域取得了高水平的科研成果和巨大的防灾减灾效益,如:(1)摸清了我国泥石流的分布规律、发育特征,进行了全国泥石流编目、建立数据库以及重点泥石流地理信息系统。(2)开展了泥石流形成起动机理力学特征、运动过程和成灾规律等研究,建立了相应的模式或方程。对产流、汇流、结构、流变、流态、冲击力、振动和冲淤等当今泥石流研究的重点、热点和难点,进行了深入探索,取得了一些重要的新进展,完善了泥石流的理论体系,并坚持理论与实践相结合,为减轻泥石流灾害做出了贡献。如编制了中国泥石流分布及灾害危险区划图,以及重点地区和流域的危险区划,为山区防灾减灾和经济发展规划提供了科学依据。(3)建立了泥石流预测、预报模型,研制了预警报仪器,在小流域试验区,泥石流临报和警报的正确率达80%以上,并已推广应用。(4)开展了泥石流综合治理、系统治理和防治机理的实验研究。完成了上百处的泥石流综合治理规划或设计,其中约50处泥石流沟已付诸实施,取得了显著的经济、社会、生态效益,工程的投入和保护财产比为1:20至1:75,保护的财产和资产近20亿元,并建立了泥石流综合防治体系,创造性设计了一些有效、经济、美观、科学、可靠的防治工程。

泥石流研究成果累累,虽已经公开出版专著20多部,论文集和专辑20多本,但至今尚无一本全面、系统地反映中国特色的综合性强、实用价值大的“中国泥石流”专著。鉴于此,我所作为中国科学院的泥石流研究基本队伍,也是目前全国唯一的泥石流科研机构,责无旁贷地完成此项艰巨的任务。我们集全国和我所30多年来泥石流研究和防治的成果、丰硕资料和先进经验于一体,参阅国外最新成果和资料,图文并茂,撰写了此书,以提高我国泥石流研究和防治水平,推动我国泥石流学科发展和“国际减轻自然灾害十年活动”具有重要的理论和实际意义。

《中国泥石流》共有四篇、十七章。第一篇,中国泥石流的区域特征,内容分为五章,系统地论述中国泥石流区域发育、形成机理,分布、分区和分类特征,泥石流地貌过程与堆积特征。第二篇,中国泥石流力学,内容为四章,论述泥石流体的物理力学特征、力学模型和运动方程、运动力学特征、产流、汇流理论与规模。第三篇,中国泥石流防治,内容分为五章,全面论述中国泥石流防治原则,防治体系与方案,防治工程措施、生物措施和社会行政管理措施;泥石流防治综合效益评估。第四篇,中国泥石流研究方法与技术系统,内容为三章,泥石流原型观测与泥石流力学实验、中国泥石流数据库和信息系统。

全书十七章,由我所长期从事泥石流防治研究科技人员分头执笔撰写,各章执笔人:第一章唐邦兴,第二章朱平一,第三章唐邦兴、刘希林,第四章崔鹏,第五章钟敦伦、刘世建,第六章(其中6.2由周必凡撰写)、第九章和第十四章吴积善,第七章、第八章周必凡,第十章、十一章罗德富,第十二章、十三章柳素清,第十五章胡平华,第十六章何淑芬、周必凡;第十七章谢洪、韦方强。本书完成初稿后,由主编、副主编进行审稿,而后经作者修改后,由唐邦兴、周必凡、吴积善进行修改统稿和总审,钟敦伦研究员帮助审查部分稿件,朱汉益研究员作了部分文字审查。

中国科学院院士、我国著名的冰川、泥石流学家施雅风教授,中国工程院院士、我国著名的水土保持、泥石流学家关君蔚教授为本书作序,谨此感谢。

在撰写本书过程中,自始至终得到我所所长钟祥浩研究员、副所长刘世建研究员、科技处处长刘希林研究员和康志成研究员的关心、支持和帮助,并提出了许多宝贵意见;在出版过程中又得到科学出版社姚岁寒编审的大力支持,谨此致以衷心的感谢。

唐邦兴

1999年9月9日

目 录

序一	施雅风(i)
序二	关君蔚(iv)
前言	唐邦兴(v)

第一篇 中国泥石流的区域特征

第一章 中国泥石流发育的环境和人为因素	唐邦兴(1)
§ 1.1 地质背景	(1)
§ 1.2 地貌条件	(4)
§ 1.3 水源条件	(7)
§ 1.4 人类经济活动	(10)
第二章 中国泥石流的形成机理和过程	朱平一(15)
§ 2.1 泥石流发生条件	(15)
§ 2.2 泥石流发生模式	(25)
§ 2.3 泥石流规模与计算	(37)
第三章 中国泥石流的分布与分区	唐邦兴、刘希林(43)
§ 3.1 中国泥石流分布特征与规律	(43)
§ 3.2 中国泥石流危险区划	(49)
§ 3.3 结论	(58)
第四章 中国泥石流分类	崔 鹏(60)
§ 4.1 泥石流分类研究概况	(60)
§ 4.2 泥石流分类的原则与方案	(62)
§ 4.3 泥石流类型的表示及其代号系统	(68)
§ 4.4 中国泥石流分类的区域规律	(69)
第五章 中国泥石流的堆积物特征与地貌过程	钟敦伦、刘世建(72)
§ 5.1 泥石流的侵蚀、输移与堆积过程	(72)
§ 5.2 泥石流堆积物的组成与结构特征	(84)
§ 5.3 泥石流的地貌作用过程	(95)

第二篇 中国泥石流力学

第六章 中国泥石流体的物理力学特征	吴积善、周必凡(111)
§ 6.1 泥石流体的组成与结构	(111)
§ 6.2 泥石流体剪切强度	(121)
§ 6.3 泥石流及其浆体的流变特性	(126)
第七章 中国泥石流力学模型与运动方程	周必凡(136)

§ 7.1	泥石流理论假设与力学模型	(136)
§ 7.2	匀速泥石流动力和运动方程	(142)
§ 7.3	泥石流实验与原型数据对前述理论方程的验证	(150)
§ 7.4	泥石流流速经验公式与理论公式之比较	(155)
第八章	中国泥石流运动力学特征.....	周必凡(163)
§ 8.1	泥石流运动特征	(163)
§ 8.2	泥石流动力特征	(171)
§ 8.3	泥石流与遭遇目标的相互作用	(174)
§ 8.4	原型泥石流运动力学特征范例分析	(183)
第九章	中国泥石流产流汇流理论与规模.....	吴积善(192)
§ 9.1	泥石流产流机理	(192)
§ 9.2	泥石流汇流过程	(202)
§ 9.3	泥石流规模及其计算	(212)

第三篇 中国泥石流防治

第十章	中国泥石流防治概况.....	罗德富(222)
§ 10.1	泥石流防治现状及趋势.....	(222)
§ 10.2	泥石流防治原则及标准.....	(228)
§ 10.3	泥石流防治工程设计基础资料.....	(233)
§ 10.4	泥石流防治体系与方案.....	(235)
§ 10.5	泥石流防治工程设计阶段划分.....	(243)
第十一章	中国泥石流防治工程措施.....	罗德富(246)
§ 11.1	泥石流排导工程.....	(246)
§ 11.2	泥石流停淤场及沟坡整治工程.....	(259)
§ 11.3	泥石流实体拦沙坝工程.....	(263)
§ 11.4	泥石流格栅坝工程.....	(275)
第十二章	中国泥石流防治生物措施.....	柳素清(283)
§ 12.1	泥石流防治系统.....	(283)
§ 12.2	生物(工程)措施分类与特点.....	(286)
§ 12.3	生物措施规划.....	(289)
§ 12.4	生物治理的技术措施.....	(291)
§ 12.5	农业(工程)措施.....	(295)
第十三章	中国泥石流防治中的保障措施.....	柳素清(297)
§ 13.1	行政管理措施.....	(297)
§ 13.2	技术管理措施.....	(298)
§ 13.3	科学教育措施.....	(300)
第十四章	中国泥石流防治效益评估.....	吴积善(302)
§ 14.1	防治效益评估的类型和准则.....	(302)
§ 14.2	防治效益评估的指标.....	(304)

§ 14.3 泥石流防治综合效益评估·····	(307)
-------------------------	-------

第四篇 中国泥石流研究方法与技术系统

第十五章 泥石流原型观测·····	胡平华(316)
§ 15.1 概述·····	(316)
§ 15.2 泥石流形成条件观测·····	(318)
§ 15.3 泥石流运动特征观测·····	(324)
§ 15.4 泥石流动力特征观测·····	(332)
第十六章 泥石流力学实验 ·····	何淑芬、周必凡(335)
§ 16.1 泥石流静力学实验·····	(335)
§ 16.2 泥石流运动力学实验·····	(342)
第十七章 中国泥石流数据库和信息系统 ·····	谢 洪、韦方强(360)
§ 17.1 中国泥石流数据库和信息系统研究概述·····	(360)
§ 17.2 泥石流信息系统的用户需求与系统目标·····	(361)
§ 17.3 泥石流信息的收集与标准化·····	(362)
§ 17.4 泥石流信息系统的结构与功能·····	(369)
§ 17.5 《中国泥石流数据库和信息系统》简介·····	(373)

第一篇 中国泥石流的区域特征

第一章 中国泥石流发育 的环境和人为因素

§ 1.1 地质背景

一、地质构造

影响我国泥石流发育的控制性因素主要是:地质构造复杂,近期活动强烈,升降差异显著,地形起伏巨大,斜坡工程地质条件差,岩性脆弱地带等区域地质背景。

我国构造运动表现十分强烈,断裂非常发育,特别是以纵向构造和歹字型构造最突出,这些断裂规模大、活动性强,是影响区域地壳稳定性的主要因素。大断裂分布地区,也是区域地震活动最为频繁地区;断裂对地形的影响和斜坡岩体的破坏作用也很明显,它们不仅控制着我国现代地貌的发育,而且也基本控制了我国泥石流发育和区域的分布特征。

大断裂构造的破碎带可长达几公里至数十公里,沿断裂带上软弱构造面发育,岩石破碎,形成了糜棱岩、破裂岩和角砾岩等动力变质岩,成为滋生泥石流的温床,是泥石流发生发展的控制性因素。我国活动断裂带,诸如安宁河断裂带、绿汁江断裂带、小江断裂带和波密-易贡断裂带以及白龙江断裂带等,成为我国泥石流最发育地区,其泥石流数量之多,规模之大,活动之强,灾害之重,为我国之冠。其次,怒江断裂带(巴青-丁青、邦达-左贡)、澜沧江断裂带(昌都-察雅)、金沙江断裂带(巴塘-奔子栏)等发育了较多的泥石流。次一级或小断裂构造对泥石流的发生和发展也有直接影响,例如东川蒋家沟泥石流、大白泥沟泥石流、四川黑水芦花沟泥石流、九寨沟荷叶沟泥石流等。在我国东部地区,主要有北东向和南北向断裂等也发育了较多的泥石流。由此可见,我国泥石流绝大多数发育带与区域大断裂的展布有关。活动断裂构造有利于泥石流的发育和形成,但不是所有断裂构造都能发育和形成泥石流。

二、地层岩性

我国地域辽阔,出露地层齐全,从上古生界到第四系地层都有分布,还出露大规模的

不同期的花岗岩,火山岩等。

在地质构造控制下,一个地区的地层岩性与泥石流发育和形成也有密切的关系。由于风化速度的不均,岩性软弱的岩层或软硬相间的岩层比岩性均一的坚硬岩层易遭破坏,提供松散物质也就越易,因而对于形成泥石流就越有利,反之亦然。

我国易发育和形成泥石流的岩层主要有以下几类^[1]:

(1) 新生界地层。为固结较差的粘土岩类和各种成因的松散堆积,极易产生泥石流等山地灾害,特别是西南地区的成都粘土、昔格达粘土,西北地区的黄土及含盐地层,泥石流发育,成片状分布。

(2) 中生界陆相地层(特别是含膏盐红层)。此类岩层岩石固结性差,抗剪强度低,易软化和泥化,在干湿度变化下胀缩作用明显,岩石表层崩解迅速,常形成较厚的碎屑层;该地层常含膏盐,在水的长期作用下,固结力会降低甚至失去;由于软化性大,当其处于边坡位置,特别是当产状与坡向一致时,坡面易于失稳,产生滑坡,成为泥石流的物质补给来源。在该地层分布地区泥石流发育。例如安宁河、龙川江、澜沧江(昌都—雅察段)、川东地区。

(3) 煤系地层。该地层为砂泥质岩系,粘土岩类强度低,遇水易软化,组成的斜坡易失稳发生滑坡泥石流灾害,其发育和分布多呈点状或带状,如贵州六盘水煤矿区。

(4) 含凝灰岩夹层的玄武岩。该岩层常夹数层凝灰岩或凝灰碎屑岩,对岩体稳定性影响很大,特别是当其产状顺坡时,边坡失稳产生滑坡,导致泥石流发生,如云南禄劝普福等大型崩塌型滑坡。

(5) 变质岩类。此类岩层时代古老,节理、裂隙发育,常有较厚的风化带,特别是在水浸作用下,其中变质矿物如绢云母、绿泥石易重新分解为粘土矿物而发生泥化,极易产生滑坡,形成泥石流。例如云南东川小江流域的蒋家沟,大、小白泥沟,西藏东南部波密加马其美沟,四川西部大渡河和岷江的金川八步里沟、黑水芦花沟,甘肃武都白龙江的柳弯沟、火烧沟等泥石流,均发育于此类岩层组成的山地河谷地带。

(6) 碳酸盐岩层。该岩层具有可溶性,在石灰岩分布地区只有机械风化或寒冻风化所形成的岩块碎屑或经淋溶残积红土,成为泥石流流域固体物质补给源时,才有可能参与泥石流活动。四川九寨沟泥石流发育于古生代碳酸盐岩山地。该岩层不仅提供固体物质,而且形成陡峻地形,有利于泥石流的形成和活动。又如云南大理苍山 18 溪泥石流的发育状况也与此类似。我国南方喀斯特(岩溶)发育地区,由于碳酸盐岩层的可溶性和溶洞发育,不仅难以为泥石流提供充足的固体物质,也缺乏水源,因此,在碳酸盐岩层分布的大部分地区无泥石流发育。

(7) 强烈风化的花岗岩。花岗岩在炎热多雨的气候条件下,易形成深厚的风化壳,厚度达 50~100 米,强风化带厚 5~30 米,呈砂土状,强度低,易于泥石流发育和形成。在高寒地区以寒冻风化为主,岩体机械破碎,形成岩屑型风化壳,也利于泥石流发育。例如西藏波密古乡沟冰川泥石流,四川甘洛利子依达沟泥石流,云南黑山沟、梁河、盈江浑水沟泥石流等发生在花岗岩、火成变质岩地区,岩体多构成高山,经历了物理和寒冻风化作用,使岩体沿节理裂隙面崩解成巨大岩块、碎石、粗砂,成为泥石流固体物质的补给源,多发育了大型泥石流。利子依达沟内花岗岩体中三组裂隙所组成的稠密裂隙网,加速了岩石的风化破碎。由于花岗岩的结构构造和矿物成分的特点,经物理和化学风化,导致岩体崩解,