

泥 石 流 論 文 集

中国科学院成都地理研究所

①

科学技术文献出版社重庆分社

577
062
1

泥

石

流

論

文

集

①

泥石流论文集

(1)

中国科学院成都地理研究所

科学技术文献出版社重庆分社

泥石流论文集(1)

中国科学院成都地理研究所	编辑
科学技术文献出版社重庆分社	出版
重庆市市中区胜利路91号	
四川省新华书店重庆发行所	发行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂	印刷

开本787×1092毫米 1/16	印张: 10	字数: 25万
1981年12月第一版	1981年12月第一次印刷	
新书目号: 17—209	印数: 2210	

书号: 12176·27	定价: (凸版纸) 1.05元
	(胶版纸) \$ 2.00元

前 言

《泥石流论文集》现在正式出版同读者见面了。这是一本不定期的泥石流综合性学术刊物,主要反映我所科技人员在泥石流研究方面的一些成果。

泥石流是山区常见的一种自然灾害现象,遍布于世界上几十个国家的山区,因其突然暴发,历时短暂,破坏力大,常酿成灾祸,愈来愈引起人们的重视,不少国家都开展了泥石流及其防治的研究工作。

我国疆域辽阔,山脉纵横,地质构造复杂,岩性多变,加上有利的山地地形和季风气候,成为世界上泥石流最为发育的国家之一。泥石流灾害已成为我国山区经济建设和人民生活中不可忽视的一大祸患。开展泥石流科学研究,是我所主要任务之一,也是山地自然灾害研究的重要课题,为了及时总结研究成果,推广防治经验,加强与国内外的学术交流,我们编辑出版了这个刊物,抛出引玉之砖,以期引起各级领导、有关科研单位、生产部门和高等院校对泥石流及其防治问题的注视和兴趣,推动我国泥石流学科的发展,更好地为山区社会主义现代化建设服务。

这一期文集包括二十六篇论文,共分五个部分:第一部分侧重于区域泥石流以及泥石流与自然环境和人类活动关系的论述;第二部分主要介绍了泥石流的形成过程、物质组成、结构、理化特性,流速计算和冲淤规律;第三部分是关于泥石流各类防治措施的实践总结;第四部分简介了一些新技术、新方法在泥石流研究中的应用;第五部分就国外近期泥石流研究进展情况及泥石流几个基本理论问题作了概述。

本期论文集由杜榕桓、姚德基和田连权同志主编,李德基、刘江、胡士权、兰肇声和邱洁华同志参与编辑工作,曹光尧、商向朝和周必凡同志负责外文摘要的译校工作,赵映刚、温定江、阎金秀、罗庆渝和黄丽蓉同志承担附图的清绘、植字工作。丁锡祉教授、唐邦兴和吴积善同志审阅了全部论文。

本文集蒙科学技术文献出版社重庆分社帮助印刷、出版,特借此深表谢忱。

中国科学院成都地理研究所

1981年8月15日

目 录

我国泥石流研究现状和今后任务·····	丁锡祉	(1)
西藏泥石流的特征·····	唐邦兴 李德基 谭万沛 吕儒仁 田连权 柳素清	(6)
云南东川小江泥石·····	陈循谦 杨文科 牛宪锟 康志成 章书成 陈景武	(13)
云南东川大桥河泥石流形成条件及发展趋势的分析·····	康志成 章书成 杜榕桓 陈景武 兰肇声 陈循谦 殷崇庆 牛宪锟 杨文科	(20)
云南东川蒋家沟泥石流形成条件的初步分析·····	李 械 吴济难	(26)
试论地震在泥石流活动中的作用·····	钟敦伦	(30)
森林植被与泥石流活动·····	陈金日	(36)
四川喜德东沟流域植被对泥石流形成的抑制作用·····	柳素清	(40)
初论矿山泥石流·····	钟敦伦 严润群 陈金日	(43)
泥石流与自然保护·····	罗德富 李 械	(50)
试论泥石流的形成过程·····	田连权 张信宝 吴积善	(54)
泥石流体的结构·····	吴积善	(58)
云南盈江浑水沟泥石流流体组成的初步研究·····	张信宝 何淑芬	(67)
云南盈江浑水沟粘性泥石流浆体的理化特性·····	王裕宜	(74)

泥石流流态及流速计算·····	吴积善	(79)
云南盈江浑水沟泥石流流速计算·····	刘江程尊兰	(87)
西藏波密加马其美沟泥石流运动与冲淤特性·····	田连权	(90)
四川汉源流沙河流域泥石流的分类及防治原则·····		
	周必凡 杨庆溪 高 考	(94)
试论青藏高原某些公路沿线泥石流及其防治·····	李德基	(101)
云南梁河邓欠河滑坡型泥石流及其防治·····		
	杨庆溪 陈炳贤	(108)
云南小江流域的植被垂直分异与泥石流生物治理·····	兰肇声	(112)
拦沙坝在防治泥石流中的作用·····	周必凡 高 考	(118)
遥感在泥石流研究中的某些应用·····	袁建模 孙恩智	(122)
云南盈江浑水沟泥石流的地面多光谱效应·····		
	孙恩智 袁建模	(127)
七十年代的国外泥石流研究·····	姚德基 商向朝	(132)
国外泥石流研究中的若干基本理论问题·····		
	姚德基 商向朝	(142)

我国泥石流研究现状和今后任务

丁 锡 祉*

同志们!

第一届全国泥石流学术会议,自1980年4月15日在成都开幕以来,经过五天的学术交流,今天就要闭幕了。

这次会议是我国自五十年代开展泥石流研究以来的第一次全国性盛会。来自全国70个单位的68名正式代表和26名列席代表欢聚一堂,交流了我国二十多年来泥石流研究的丰硕成果,总结了我国泥石流研究的经验和存在的问题,提出了今后我国泥石流研究工作的发展方向和重点,并明确了如何为“四化”服务等问题。第一届全国泥石流学术会议,完成了预期的任务,将在我国泥石流研究史上写下重要的一页。

这次会议是由中国科学院主持召开的。中国科学院副秘书长赵北克同志自始至终参加了会议。五局负责人尉传英同志,四川省科学技术委员会副主任、科学技术协会副主席李力众同志,中共中国科学院成都分院党组书记、院长刘允中同志在开幕式上作了重要讲话。中国科学院兰州分院副院长、兰州冰川冻土研究所所长施雅风同志给会议送来了录音贺词。他们的讲话充分体现了各级领导对泥石流工作的关切和希望,使我们每位代表受到很大的鼓舞和鞭策。

这次会议共收到论文97篇,摘要110篇,译文集两册,放映泥石流资料电影片三部。会议论文内容有研讨泥石流学各领域理论问题的,也有介绍各种泥石流防治经验的。其中有些论文有资料、有观点、有创见,水平较高,受到了与会代表的重视和好评,有助于我国泥石流研究的发展。

一、泥石流研究基本情况和主要成果

泥石流学是一门年轻的边缘科学,它与地貌学、气象学、水文学、地质学、冰川学、水力学和土力学等学科有密切的关系。我国泥石流分布广泛,危害严重。但解放前我国在泥石流研究方面长期处于空白状态,直到五十年代初,随着山区经济建设的迅速发展才逐渐萌芽。它一出现,就显示了强大的生命力。目前,我国已有中国科学院、铁路、公路、水利、冶金、厂矿、市政、农业、地质和高等学校等十余个部门以及一些地方从事泥石流研究和治理。中国科学院将泥石流研究列为重点研究课题。

我国泥石流研究初期,以线路或区域考察为主,从六十年代中期开始进行定位观测和模型试验,其中观测系列较长的站有:云南的蒋家沟、浑水沟、老干沟,四川的黑沙河、三滩沟,西藏的古乡沟、加马其美沟和甘肃的火烧沟。模型试验主要有:四川的羲农河、黑沙河

* 丁锡祉教授系中国科学院成都地理研究所所长。本文是他在第一届全国泥石流学术会议上的总结发言。

和三滩沟的排导工程或沟道整治方案。此外,在黑沙河、浑水沟和火烧沟等地现场,分别开展简易模型试验和野外人工泥石流试验,由此而使我国的泥石流研究得以逐渐深入。

鉴于我国泥石流分布广泛,类型齐全。有的泥石流沟暴发频率之高为世界少见,如浑水沟和加马其美沟每年多达50到100次;有的泥石流沟规模之大系全球少有,如古乡沟与蒋家沟实测最大泥石流流量分别高达28000立方米/秒和2400立方米/秒以上;有的一条沟几乎具有各种性质的典型泥石流,如黑沙河。这些自然条件,为我国泥石流基础理论研究,提供了极好的条件。二十余年来,尤其近十年来,我国广大泥石流工作者,利用这种优越的条件,开展了广泛的调查、观测和试验,积累了丰富的资料;在泥石流的分布、分类、形成、运动、力学和防治等方面的研究有了较大的进展;在测试仪器研制和新技术应用方面也取得了一定成绩;此外,科教影片《泥石流》和蒋家沟泥石流影片等在国际学术会议上放映受到了较好的评价。

我国泥石流研究的主要成果如下。

(一) 区域泥石流的研究

我国泥石流研究在大量区域调查工作基础上,基本上掌握了我国泥石流的分布规律,对一些重点地区和典型泥石流沟作过较为深入的研究。例如,完成了西藏泥石流和甘肃泥石流研究专著初稿,编制了西藏、四川和甘肃泥石流分布图,编写了四川流沙河、云南小江、甘肃白龙江等流域的泥石流研究或调查报告,完成了成昆铁路、东川铁路支线、川藏公路和四川凉山黑沙河等泥石流及其防治的总结。

(二) 泥石流分类的研究

我国许多泥石流工作者对分类做了大量的工作,提出了各种分类指标,其中以:1. 水源补给;2. 地貌形态;3. 形成机理;4. 流体性质;5. 组成成分;6. 流态类型;7. 活动强度;8. 暴发频率等分类指标较为常用。此外,还有用上述某几种分类指标相组合,把泥石流分成类、亚类和型的。

(三) 泥石流形成的研究

这方面的研究工作以点面相结合为基础,通过对泥石流三个基本形成条件(即土体、水体和地形)的分析,提出了天气形势、暴雨强度、前期降水、滑坡活动、土体含水等因素与泥石流暴发时间、规模大小、流体性质之间的关系,建立了部分相关公式。此外,还研究了人类活动(包括毁林开荒、采矿弃碴、修路削坡和引水灌溉等)与泥石流发生、发展的关系,分析了地震与泥石流形成的关系,提出了地震区泥石流主要特点和预测、预防地震泥石流的定性指标及具体措施。

对泥石流的形成过程,在某些地点作了较为细致的观测。将泥石流形成过程分为两类,即土力类和水力类(重力类和侵蚀类),前者又可以分为滑坡型和崩塌型;后者又分为沟床型、沟谷型、溃决型。

由于深入地研究了泥石流形成机理,泥石流形成因素与泥石流暴发之间的关系以及界限值,就为泥石流的预测预报打下了良好基础,使我国泥石流研究前进了一步。

(四) 泥石流流体性质的研究

这方面的研究包括有流体组成成分、结构、流变和流态等。近几年来,利用胶体化学、土壤电化学、土力学、浆体管路输送和钻井泥浆等方面的理论,进行了探索性的研究,取得

的主要进展有：根据泥石流中固体颗粒与水体的组合形式，提出了自由孔隙比的概念，并以此为指标，划分出了各类性质不同的泥石流；分析了泥石流流体中盐基离子的种类和含量对泥石流性质的影响，揭示了泥石流流体部分物化性质；探讨了泥石流浆体各类结构的形成机理、主要类型以及各类结构与泥石流流体性质的关系，提出了鉴别各类结构的定量指标和判别式，探索了泥石流流体的内在规律；把泥石流流体视为介于土体和水体之间的特殊流体，并根据实测数据，确定泥石流浆体（固体颗粒粒径小于2.0毫米）为具有屈服值的幂律体，其中大部分为宾汉体，泥石流流体则属非均质体，即为具有屈服值的似幂律体，其中大多为似宾汉体；根据流体的流变性，提出了泥石流的上、下界限值，引进了各种流变方程。对于泥石流流态的认识尚未统一，有的根据泥石流不同阶段的运动特征来分析流态特征，并将其分为稀性连续泥石流和粘性阵性泥石流两类；也有根据不同条件下的泥石流运动状态把泥石流流态分为滑动流、蠕动流、扰动流和紊动流四类。

（五）泥石流动力学的研究

这方面主要开展有泥石流阻力规律的研究和流速计算的研究。我们根据观测资料，对泥石流阻力和流速作了分析、计算，并编制了我国粘性泥石流糙率表；提出了稀性泥石流在不同底床条件下的 n 值计算公式。目前，泥石流流速计算公式已有20个之多，其中大部分系经验公式。此外，在泥石流冲击力方面，进行了一定的观测研究，建立了计算公式。

（六）泥石流综合治理的研究

某些地区的泥石流综合治理经受住了长期的实践检验。如四川凉山黑沙河、喜德东沟和汉源狮子沟，云南东川大桥河和梁河垒杏山等泥石流沟，采取工程措施与生物措施两者相结合的方式，上中下游全面规划，山水林田综合治理，基本上控制了泥石流活动。铁路、公路和厂矿等生产部门也为泥石流治理积累了丰富的经验。

从上述成功的实例中，总结出了制订治理方案的基本原则、工程设计的重要准则和植树造林的主要经验。在制订治理方案时重点考虑了泥石流的形成机理，土力类泥石流以治土为主，用各种拦挡工程来稳定土体；而水力类泥石流以治水为主，用各种蓄水、引水工程来调节洪水径流量。工程设计时，首先应根据不同性质的泥石流，选择合理的计算公式，确定合理的参数。这些经验为治理泥石流提供了借鉴。

（七）模型试验的应用研究

1966年结合成昆铁路方案比较，先后进行了羲农河和黑沙河两个泥石流病害工点排导工程的模型试验；1976年进行了三滩沟沟道整治模型试验。这些试验不仅为工程设计提供了科学依据，而且为发展泥石流模拟相似理论作出了贡献。此外，还进行了一些小型简易模型试验和野外人工泥石流试验，这既积累了分析数据，又为开展大型模型试验和人工泥石流试验摸索了经验。

（八）测试仪器和新技术的应用研究

我国正在研制冲击力仪（已试用于泥石流观测）、点流速仪和盐溶液示踪点流速仪。近年来遥感和多光谱摄影技术也已用来研究泥石流动态，有的已取得了初步效果，由此而为今后进行短期动态（或瞬间动态）观测打下了基础。

二、我国泥石流研究中存在的问题

国际上泥石流研究已有一百余年的历史,而我国在解放后才逐步开始研究泥石流,再加之十年“文化大革命”的影响,使我国的泥石流研究水平与世界先进水平之间,有一定的差距,尤其在测试手段方面的差距更为明显。目前,我国泥石流研究存在的主要问题如下。

(一) 理论研究方面

1. 我国大部分省、区还未作泥石流普查,未编制出全国泥石流分布图,也没有进行全国泥石流沟的编录。

2. 我国现行的泥石流分类虽多达20种,但即使是同一种分类,命名和概念亦因人而异。这就是说,目前我国的泥石流分类体系还不成熟。

3. 我国的泥石流形成研究虽有一定水平,但据此还不能精确地作出泥石流预报和计算泥石流流量。

4. 泥石流流体组成成分、结构、流变和流态的研究,在某些方面虽已有我国自己的特色,但因受仪器设备所限,实验数据精度较差,有的还属推断。

5. 我国的泥石流动力学研究和动力特征值计算,虽有了较多的成果和实验公式,但各家认识不一,公式结构分歧较大。

(二) 生产实践方面

1. 鉴别和处理潜在泥石流沟,成为生产建设中的重要课题之一。

2. 还没有建立适用于粘性泥石流地区工程设计的精确的计算公式和统一的规范。在生物治理方面也只有数个点的经验,尚未系统化。

(三) 实验室测试手段和新技术应用方面

目前,泥石流实验室条件差,试验项目少,测试仪器大多沿用的是水文学、水力学和土力学领域内的仪器,故有待进一步研制适用于泥石流的测试仪器。在新技术方面还未应用电子计算机、扫描雷达和无线电自动化控制等等。

(四) 泥石流研究成果交流出版方面

我国还未创办泥石流刊物,难得公开发表泥石流论著,严重影响国内外学术交流和人材的成长。

三、我国泥石流研究的今后任务

欲使我国泥石流研究得以迅速发展,必须做好如下两个方面的工作。

(一) 泥石流基础理论研究

我们应迅速着手编录全国泥石流资料和泥石流沟登记卡,编制泥石流图集,掌握我国泥石流的区域特征和分布规律;进行泥石流分类专题研究,完善我国泥石流分类体系;进一步开展泥石流形成的研究;进一步加强泥石流流力学性质、运动过程、冲淤规律和堆积特点的研究,充实和丰富泥石流动力学、泥石流运动学、泥石流沉积学的内容。以便在一定的时间内,建立中国特色的泥石流理论体系,创立中国泥石流学派。

(二) 泥石流应用研究

根据现代化建设的需要,重点应加强泥石流预测、预报,泥石流地区工程方案比较,泥石流工程力学和工程结构,以及泥石流综合治理措施等方面的研究,以便确立有效的泥石流预报方法和泥石流防治措施。

为达到上述两个目的,应采取下列四个措施。

1. 加速培养泥石流研究人员和工程技术人员,建立一支多学科的、以中青年为主的、精悍的泥石流研究队伍,并建议教育部和中国科学院在有关大专院校开设泥石流专业课程,招收泥石流学科的研究生。

2. 大力改善泥石流研究手段,研制新型的泥石流测试仪器;进一步重视泥石流试验、观测研究,建立技术系统先进的泥石流模型试验设备和泥石流观测装置。

3. 加强泥石流研究的学术领导,筹建全国泥石流学术领导或科研协调机构,定期召开泥石流学术会议。

4. 建立全国泥石流情报交流网,并争取国际协作,与国外有关泥石流研究机构建立资料联系;及时出版具有一定水平的研究报告、论文和专著。

我们相信,只要做到上述各点,我国的泥石流研究就会迅速发展。

同志们,我们的会议就要结束了。代表们即将返回各自的工作岗位,愿代表们与全国泥石流工作者一道,团结协作,艰苦奋斗,为把我国泥石流研究和防治技术提高到一个新的水平,为建立具有我国特色的泥石流学作出不懈的努力!

附记:这个报告是会议秘书处全体人员的集体劳动成果,由我在大会上报告——丁锡祉。

DEBRIS FLOW STUDIES IN CHINA—PRESENT STATUS AND TASKS AHEAD

Ding Xizhi

Abstract

On April 15-22, 1980, the First National Conference of Debris Flow was convened in Chengdu, Sichuan, China. This conference summed up the principal achievements in debris flow studies and experiences in controlling debris flow since liberation 1949, and indicated the future orientation and tasks in debris flow studies.

Through scientific investigation, site observation, model test and experiment in controlling debris flow, the distribution laws, formative mechanism, mechanical properties and moving characteristics of debris flow in China have been preliminarily ascertained; formulae for calculating the velocity, discharge and impact force of debris flow have been established; a series of practicable and effective measures to control debris flow has been summarized. All these have laid the foundation of developing the discipline of debris flow.

However, the debris flow research was started later and its means are poor in China. Compared with the world advanced level, we still have a long way to go. For this reason, we should from now on quicken the building of the scientific and technical contingent of debris flow, and strengthen with effort the preparation of test techniques and testing and measuring instruments, and academic and information exchanges so as to set up the Chinese debris flow discipline as soon as possible by use of the favourable conditions, such as full types, high frequency and clear process of the debris flow in our country.

西藏泥石流的特征

唐邦兴 李德基 谭万沛

吕儒仁 田连权 柳素清

泥石流是西藏山区和河谷地带常见的一种自然现象,当地称为“冰川暴发”。每当雨季和冰雪消融季节泥石流活动频繁,危害较大,常给西藏自治区社会主义建设和人民生命财产造成重大损失。因此,开展西藏泥石流研究,掌握其发生、发展与分布规律,探索其防治途径,具有重要的意义。

一、西藏泥石流的形成条件

西藏泥石流的形成,主要取决于地质地貌和水文气象条件。泥石流集中形成于印度板块和欧亚板块缝合线及其以南褶皱断块山地。这里恰是西藏南部和东南部边缘山区,山地年轻,隆起幅度大,褶皱强烈,断裂发育,地震和新构造运动活跃,冰川和寒冻风化作用旺盛,岭谷高差悬殊,为国内其他地区所少见。因此,就地质地貌条件而言,西藏南部、东南部边缘山区较之西藏腹地对泥石流的形成更为有利。

西藏泥石流之所以形成,还在于当地年轻的山地经大幅度的抬升后,改变了大气环流形势,阻碍了印度洋气流深入西藏腹地,影响到水热状况的分异。因此,就水文气象条件而言,西藏南部、东南部边缘山区,对泥石流的形成更为有利。人为因素在西藏泥石流形成中所起的作用亦不容忽视,诸如道路和水利工程处理不当,乱砍滥伐森林、毁林开荒、森林火灾、放火烧山和过度放牧等,破坏生态平衡,引起崩塌、滑坡和水土流失,利于泥石流的形成和活动。在西藏境内,人类活动主要是在东南部边缘山区,对泥石流形成说来,这一点又优于腹地。

可见,西藏泥石流是在当地独特的地质地貌条件、水文气象条件和人为因素相互配合下形成的。西藏南部、东南部边缘山区较之西藏腹地的泥石流形成条件优越得多。

直接影响西藏泥石流形成的条件是泥石流固体物质补给源、水体补给源和泥石流暴发的沟谷地形条件。

(一) 泥石流固体物质补给源

西藏境内泥石流固体物质主要来自如下数方面。

1. 冰碛物和寒冻风化物。境内古代和现代冰川发育,分布广泛,第四纪以来经历有多次冰期,如藏东南,晚更新世古乡冰期和白玉冰期,冰碛物厚达100—200米,成为当地形成泥石流固体物质的主要来源。全新世以来,西藏南部、东南部边缘山区,冰川时进时退,以退为主,堆积有大量现代冰碛物,大陆性冰川终碛湖湖堤尤为众多,属冰期溃决型泥石流固体物质的主要来源。至于谈到西藏广大腹地,寒冻风化剧烈,产生有大量碎屑物,成为当地泥石流固体物质的重要来源。

2. 地震作用破坏山体稳定, 不仅加速固体物质的累积过程, 而且还会直接激发泥石流。众所周知, 喜马拉雅山(我国的藏南、藏东南边缘山区是它的一个重要组成部分)系全球最强烈的地震带之一, 这里多六级以上强震。西藏和我国其他强震区一样, 烈度7度以上山区往往会有泥石流暴发。强震常造成山崩、冰雪崩塌, 为泥石流形成提供大量固、液两相物质¹⁾。比如, 1950年察隅境内一次8.5级地震, 破坏了山体稳定, 引起冰崩、雪崩、崩塌和滑坡, 大量松散固体物质充填山谷, 堵塞江河, 不仅导致泥石流暴发, 而且使已稳定的老泥石流沟复又活动。波密古乡沟冰川类泥石流, 加马其美沟雨水类泥石流的暴发都与察隅强震活动息息相关。凡此种表明, 西藏南部、东南部边缘山区的地震产物是泥石流形成的物质基础之一。

此外, 沟谷内的流水堆积物也是一种泥石流固体物质补给源。

各种破坏产物(土石体), 以崩塌、滑坡等方式补给泥石流。泥石流形成区的崩塌、滑坡活动及规模直接决定着泥石流的发生、发展、活动及规模。

(二) 泥石流水体补给源

西藏形成泥石流的水源主要有雨水、冰雪融水和冰湖溃决水。

对泥石流暴发起较大作用的是短历时降雨量(即1日、1小时、10分钟雨强)。短历时降雨量与年降水量两者的分布趋势一致。1日最大降雨量在东南部最大, 达120毫米; 西北部最小, 仅25毫米, 前者约为后者的5倍。

西藏雨水泥石流的形成与降雨量、降雨强度密切相关。北部、西北部地区, 年降水量不足250毫米, 泥石流很少暴发。南部、东南部边缘山区, 年降水量超过600毫米(河谷地区为1000毫米左右, 高山地区为2000—3000毫米), 1日降雨量超过10毫米, 1小时雨强超过3毫米, 并有大量冰雪融水补给, 泥石流活动频繁, 规模亦较大。边缘山区与冈底斯山之间过渡区, 年降水量250—260毫米, 1日降水量超过15毫米, 1小时雨强超过6毫米, 泥石流甚为活跃。秋末冬初, 有孟加拉湾风暴侵入西藏, 往往降特大暴雨, 而导致泥石流大暴发。

西藏冰川类泥石流的形成, 主要与气温密切相关。冰雪融水是现代冰川和季节积雪地区形成泥石流的主要水源, 因为每当夏季气温剧增, 冰川和积雪大量消融, 冰层年最大消融深度可达3000毫米^[1]。夏秋季节, 久晴高温, 午后或夜间又有小雨(5—10毫米), 有利于冰川消融型泥石流的暴发。

(三) 泥石流暴发的沟谷地形条件

泥石流暴发与所在沟的沟床比降、沟坡坡度、流域面积和流域形态等有密切关系。

泥石流沟沟床比降是流体能量的底床条件, 对泥石流的形成和运动有着重要的意义。根据西藏150条泥石流沟统计结果表明, 对泥石流形成和运动最有利的比降为10—30%, 起始比降最小值为3.8%, 最大值为68.6%。

沟坡坡度的陡缓, 直接影响泥石流规模和固体物质补给方式。据野外调查资料得知, 沟坡坡度, 在西藏腹地为15—30°, 固体物质补给方式主要是滑坡; 在东南部边缘山区达30—70°, 固体物质补给方式大多为崩塌、滑坡和岩屑流, 在森林以上的坡地尤其如此。较陡的沟坡上, 崩塌、滑坡规模较大, 泥石流规模也较大。因此, 这是使西藏东南部边缘山区泥石流规模大于腹地的原因之一。

1) 钟敦伦, 试论地震在泥石流活动中的作用, 见本论文集第30—32页。

泥石流大多暴发于流域面积较小的沟谷中。150条泥石流沟中,流域面积1—20平方公里的有109条,大于20平方公里的有35条,小于1平方公里的有6条。冰川类泥石流沟的流域面积,大多超过20平方公里,暴发的泥石流多为大型或特大型;雨水类泥石流沟的流域面积大多为1—20平方公里,泥石流暴发频繁,但规模一般较前者为小。

最利于暴发泥石流的流域形态是漏斗状(如古乡沟)或勺状(如冬茹弄巴沟)。这样的流域大多有泥石流形成、流通和堆积三个区段。地处高山峡谷地段、面积很小、而又多受主河冲刷的流域,其形态不规则,区段发育不完善(堆积区不发育),如加马其美沟便是其例。

由上可见,西藏泥石流暴发的沟谷地形特点大多是沟床比降大(10—30%),沟坡坡度陡峻(30—70°),流域面积较小(1—20平方公里),流域形态呈漏斗状或勺状。

二、西藏泥石流的类型

西藏泥石流类型较为齐全,为人们研究泥石流分类提供了丰富而又生动的实例。我们认为,应以水源补给、流体特性和地貌部位三个指标分别对泥石流进行分类。

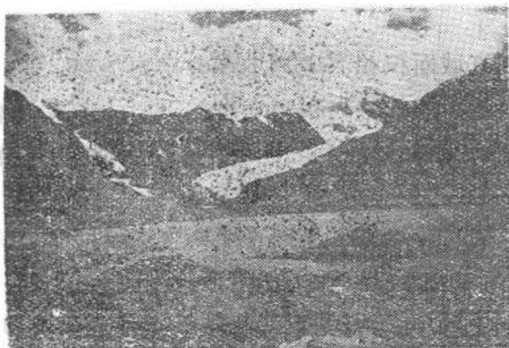
(一) 根据水源补给所作的泥石流分类

1. 冰川类泥石流

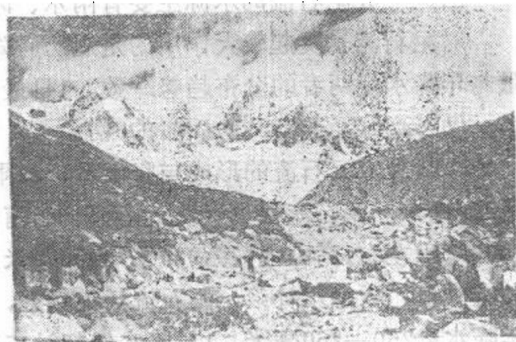
主要以高山冰雪融水或冰湖溃决水作为水源而形成的泥石流。根据冰雪融水水源的不同,又可分为如下三个型。

(1) 冰川(积雪)消融型泥石流 主要是现代冰川(积雪)沟谷内,夏秋季节,逢久晴高温,冰雪强烈消融而突然暴发的泥石流(照片1)。

(2) 冰崩雪崩型泥石流 主要指高山冰崩雪崩的物质堵塞沟谷或覆盖坡地,后溃决或消融而成的泥石流。



照片2 定日通泽峰下阿亚冰川曾于1968年涌入冰碛湖,形成巨大的冰湖溃决型泥石流(唐邦兴摄)



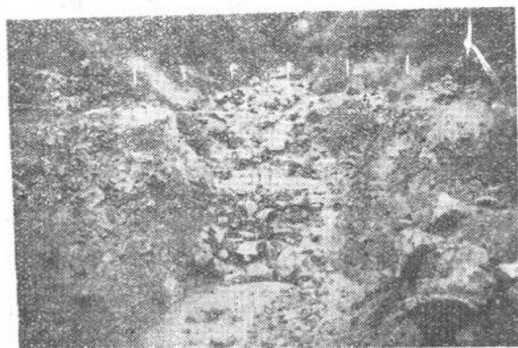
照片1 波密冬茹弄巴沟冰雪消融型泥石流(唐邦兴摄)

(3) 冰湖溃决型泥石流 指在高山大陆性冰川地带,冰湖湖堤被湖水冲决而形成的一种突然暴发、规模巨大的泥石流(照片2)。

2. 雨水类泥石流

主要以降雨作为水源而形成的泥石流。根据年降水量、降雨强度和雨型特点,又可分为如下两型。

(4) 降雨型泥石流 以连绵的中雨或小雨作为水源而形成的泥石流。在年水量超过1000毫米的河谷地区,当日降雨量达10毫米,1小时雨强3毫米左右,即可暴发泥石流。这是西藏东南部边缘山区一种特殊的泥



照片3 波密加马其美沟降雨型泥石流之
阵性流（唐邦兴摄）



照片4 亚东仁庆岗孟加拉湾风暴暴雨型
泥石流堆积之砾石（唐邦兴摄）

石流（照片3）。

(5) 暴雨型泥石流 以暴雨作为水源而形成的泥石流（照片4）。

3. 混合类泥石流

在高山冰川积雪边缘地带，以冰雪融水和降雨两者作为水源而形成的泥石流。

(二) 根据流体性质所作的泥石流分类

1. 稀性泥石流

泥石流流体内水体含量多于固体颗粒含量，运动中浆体是搬运介质，浆体流速较固体颗粒流速为快，呈强紊动流态，容重为1.30—1.80吨/立方米，在雨水类泥石流分布地区最为常见。

2. 粘性泥石流

泥石流体内固体物质含量最大达80%以上，浆体已不是搬运介质，而是不均质体，容重为2.0—2.20吨/立方米。粘性泥石流具有独特的结构和运动特征，流态随着容重和沟槽形状的变化而不同，浆体和石块成为整体等速运动。

粘性泥石流的侵蚀、搬运和堆积作用非常强烈，短暂时间内就可堆积泥砂石块数万

立方米至百万立方米，堵江（河）成湖，一旦溃决，酿成巨灾。

3. 过渡性泥石流

介于粘性与稀性泥石流之间的一种过渡性泥石流，容重1.80—2.0吨/立方米。

4. 蠕动性泥石流

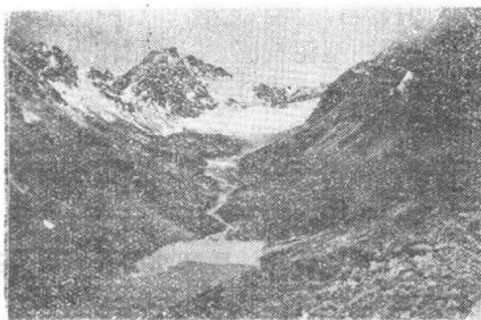
由于粘性泥石流在一定沟床条件下演变而成。流体内固定颗粒含量很高，呈塑性流体，蠕动缓慢，容重高达2.2吨/立方米以上。

(三) 根据地貌部位所作的泥石流分类

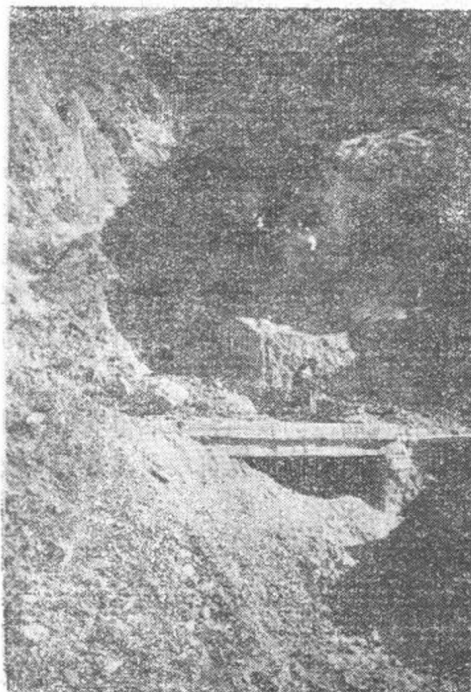
1. 沟谷类泥石流

这类泥石流暴发于沟床比降10—30%、流域面积1—20平方公里的沟谷中，沟内松散固体物质储量 10^4 — 10^9 立方米。流域内的区段发育完善，即包括形成区、流通区和堆积区。各区段有各自的特征，形成区往往分布有现代冰川或积雪，并有古冰川围谷，各种水体（冰雪融水，降雨等）与松散固体物质一旦结合，便转化成泥石流；流通区多为狭窄幽深的基岩峡谷，多跌水或岩坎，常由崩塌、滑坡造成的临时性堵塞物，溃决后形成规模巨大的泥石流；泥石流冲出物多形成堆积扇，坡度一般为3—8°。沟谷类泥石流在西藏南部、东南部边缘山区发育最为普遍，最富有破坏性（照片5）。

2. 坡地类泥石流



照片5 工布江达唐不朗沟谷类冰川溃决型泥石流(唐邦兴摄)



照片6 芒康盐井坡地类泥石流1977年暴发堵塞公路桥(唐邦兴摄)

这是坡地上的松散固体物质经崩塌、滑坡作用后,在暴雨激发下形成的泥石流。这类泥石流沟床纵坡近于坡地坡度(即 $25-35^{\circ}$),流域面积大多小于1平方公里,松散固体物质储量为 10^3-10^7 立方米。流域内泥石流区段发育不完善,一般无流通区;堆积扇较小而又较陡(坡度 $10-15^{\circ}$)。泥石流规模很小,活动频繁,分布广泛,属雏型泥石流。有些坡地类泥石流可转变成沟谷类泥石流(照片6)。

三、西藏泥石流的分布 规律和活动特征

(一) 泥石流分布规律

1. 西藏泥石流主要分布在南部、东西部边缘山区

即为冈底斯山—念青唐古拉山—昌都一线以南地区。区内有大量松散固体物质(包括冰碛物、寒冻风化物、重力坠积物和流水堆积物),水体(包括雨水、冰雪融水和冰湖溃决水)补给充沛,以及良好泥石流暴发空间(沟床比降大、沟坡坡度陡峻、流域面积和流域形态适宜)。西藏境内绝大多数泥石流沟分布在此区内。泥石流对川藏公路、中尼公路危害严重。

2. 泥石流大多发育于新构造运动强烈的高山、极高山区

区内新构造对老构造有继承性,抬升幅度大,地震活动频繁,岩层破碎,岭谷高差

悬殊,切割强烈,古代和现代冰川作用旺盛,崩塌、滑坡普遍,利于泥石流发生、发展。

3. 泥石流强烈活跃区往往就是深大断裂带(包括活动性断裂带),强烈褶皱带以及特大地震带

境内有雅鲁藏布江深大断裂带、喜马拉雅褶皱断裂带、怒江深大断裂带以及喜马拉雅—地中海特大地震带。其间泥石流沟众多,暴发频繁,类型齐全,规模巨大,危害严重。

4. 泥石流分布具有地带性——水平地带性和垂直地带性

自东南向西北的水平地带性为,暴雨型泥石流→冰川消融型泥石流→冰湖溃决型泥石流→高原暴雨型泥石流。