

# 山地灾害研究的发展态势与任务

吴积善, 王成华

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 泥石流、滑坡等山地灾害已成为世界各国十分关注的自然灾害问题。据最近几年的国际学术会议, 泥石流、滑坡研究的前沿领域是: 泥石流、滑坡活动的地带性与全球气候变化的规律; 泥石流、滑坡起动机理、动力学模型; 泥石流、滑坡等山地灾害风险分析、发生时间预报; 成灾机理与减灾防灾关键技术。国内研究较晚, 但发展很快。经过近 50 a 的研究, 涉及上述诸多研究领域。但研究不深, 还存在不少差距。据国内外研究态势, 针对山地所实际, 提出了在泥石流、滑坡理论创新和防治关键技术等研究方面 12 条任务。

**关键词:** 泥石流; 滑坡; 发展态势; 我所任务

**中图分类号:** P642.22, P642.23

**文献标识码:** A

泥石流、滑坡等山地灾害已成为当今世界极为严重的自然灾害, 每年都要吞噬数以千计的人类生命, 严重地影响到山区经济的持续发展和人民的安居乐业, 引起各国政府的高度重视, 列为联合国《减轻自然灾害十年》两个重要灾种。越来越多的部门和专家投入泥石流、滑坡为主的山地灾害的理论研究和减灾实践。每年约有百篇以上论文或专著刊登在国内外重要刊物上或由知名出版社出版, 每隔 3~4 a 就要召开一次国际性的泥石流或滑坡学术会议。泥石流、滑坡研究的发展势头越来越旺, 研究领域越来越广, 研究水平越来越高, 为世界各国减轻泥石流、滑坡等山地灾害作出了卓越的贡献。成都山地灾害与环境研究所, 作为中国科学院, 以至全国唯一以山地灾害命名, 以泥石流、滑坡作为主攻方向的科研机构, 应该紧紧抓住这个大好的发展态势, 确定自己的研究任务, 在泥石流、滑坡等山地灾害研究的世界前沿领域, 开展创新性的研究, 完善我所在泥石流、滑坡等山地灾害学方面的基础理论体系和减灾技术体系, 为我国, 以至世界、泥石流、滑坡等山地灾害的研究水平和防治实践更上一个台阶作出无愧的贡献。

## 1 泥石流、滑坡等山地灾害研究的发展态势

### 1.1 国外研究发展态势

自从人类利用、开发山地资源以来就自觉或不自觉地开始了与山地灾害的斗争, 但有意识开展山地灾害研究, 进行山地灾害的防治, 只有几百年的历史。17 世纪阿尔卑斯山脉周边的国家, 如奥地利、意大利、瑞士开始了泥石流灾害的防治研究, 成立一些相应的组织; 前苏联与日本的泥石流防治也有 200 a 的历史; 美国在 20 世纪初, 向西部山区移民逐渐遭到泥石流的严重危害, 开始了较大规模的泥石流治理研究。有意识地开展滑坡的研究始于 1920 年代北欧各国, 尤其是瑞典; 1930 年代前苏联开展较广泛的滑坡研究, 并于 1934 年召开了全国性的滑坡会议。

第二次世界大战以后, 随着各国经济的复苏和发展, 加大了山区资源开发的力度, 公路和铁路修进了山区, 矿山和工厂在山区兴起, 泥石流和滑坡等山地灾害危害日益突出。为了有效、合理的防治山地灾害, 前苏联、美国、日本和欧洲的一些山地国家, 逐

收稿日期 (Received date): 2006-08-29。

作者简介 (Biography): 吴积善 (1938-), 男 (汉族), 浙江慈溪市人, 研究员, 从事泥石流灾害的研究和防治实践。[Wu Jishan (1938-), male, born in Cixi, Zhejiang, professor. Majors in the research and mitigation practice of debris flow hazards.]

渐加强了对泥石流、滑坡等山地灾害的研究,到20世纪50年代一大批有关泥石流、滑坡研究的论文和专著先后问世。1957年由M·A·维利康诺夫等著的《泥石流及其防治法》<sup>[1]</sup>一书出版,该书集合了当时苏联科学家在泥石流方面的各种研究成果,其中M·A·莫斯特科夫提出的粘性泥石流流体力学模型;M·A·维里康诺夫进行的泥石流分类;C·M·伏列什曼所研究的粘性泥石流体的顶托能力与起始抗剪强度 $\tau_0$ 和粘度 $\eta$ 之间关系;C·T·卢斯塔莫夫提出的泥石流治理分布规律,不仅当时具有很高的水平,并一直影响到现代研究。1958年美国公路局滑坡委员会编著了《滑坡与工程》,这是世界上第一部全面论述滑坡及其防治的专著;接着在1960年日本高野秀夫著作了《滑坡与防治》<sup>[2]</sup>一书。同时,前苏联、美国和日本等国成立了全国性的泥石流或滑坡方面的学术团体,召开了相应的学术会议。泥石流、滑坡等山地灾害的研究不断趋向深入,基本上形成了滑坡学和泥石流学的框架。

随着各国泥石流和滑坡等山地灾害研究的深入和发展,以及灾难性泥石流、滑坡事件不断发生,国际间的泥石流、滑坡研究和防治技术交流随之展开,泥石流、滑坡等山地灾害的研究向更高层次发展,其中滑坡尤为显著。1968年在布拉格举行的第23届国际地质大会期间,成立了“滑坡及其块体运动委员会”,至今已召开了六届国际滑坡学术讨论会,最近一届是2004年在印度新德里召开的,这六届如实地反映了国际滑坡研究的发展态势;1997年由美国土木工程学会等单位联合主办,在美国加州三藩市召开了第一届国际泥石流减灾学术会议,相继在2000年、2003年在我国台湾省台北市、瑞士达沃斯市召开了第二届、第三届国际泥石流减灾学术会议,与滑坡一样,这几次国际性会议,大致反映了泥石流研究的发展态势。根据最近几次国际滑坡、泥石流学术会议的讨论主题和论文情况以及近期发展的一些重要论文,所反映出来的滑坡、泥石流研究的前沿领域和发展趋势概括如下。

#### 1. 泥石流、滑坡等山地灾害活动的地带性规律

这是一个古老而又崭新的研究课题,世界上公开发表的第一篇英文论文是《半干旱山区的地质营力:泥石流(1928年)》<sup>[3]</sup>,嗣后不少论文谈到泥石流主要分布在干旱和半干旱山区,但是越来越多的灾害现象说明,在湿润和半湿润地区泥石流分布仍比较广泛。尤其近年来东太平洋的强台风雨,加勒比

海的飓风雨,激发了多处灾害性泥石流的活动,吸引不少专家对此进行研究。国外专家普遍认为,泥石流活动与岩性等地质条件紧密相关,但英国剑桥大学Innes一篇题为《泥石流》的论文<sup>[4]</sup>中提到,泥石流在山区的沉积岩、变质岩和岩浆岩地区都有分布,因此泥石流与地质条件并没有严格的对应关系。对于滑坡的分布也有上述不同的观点。

基于正确的区域性泥石流、滑坡预测预报,掌握两者的活动和分布规律,是最基础条件之一。因此近年来,揭示上述分歧根本原因,客观、科学地掌握各国、各地区泥石流、滑坡的活动,包括地带性规律,成为泥石流、滑坡研究的热点课题。

#### 2. 泥石流、滑坡与全球气候变化

全球气候变化是当今世界最令人关注的重大问题之一,直接关系到人类的生存和发展。泥石流、滑坡的活动与气候紧密相关,因此气候的全球变化影响到泥石流、滑坡活动的大范围变化,相应地泥石流、滑坡活动的区域性变化也反映了当时气候的变化。因此泥石流、滑坡与气候变化之间关系的研究成了一个新的探索方向,为当今欧洲各国滑坡研究的热点之一。A·Corsini对意大利北部阿尔卑斯山前缘地区最后一次冰期以来,大量古滑坡与气候变化的关系进行了综合研究,发现该地区的滑坡、泥石流活动集中在两个时段,第一个时段是发生Würm冰川期后退过程;第二时段发生在500~2500a间的亚北方冰期,以古滑坡复活和泥石流(流动性滑坡)为主。W·Margielewski对喀尔巴阡山复理式地区出露区滑坡活动与全新世以来气候变化的关系进行了深入研究,发现往往在气候潮湿阶段,滑坡活动明显集中,说明大区域的滑坡活动与全球气候变化之间的一致性关系。<sup>[5]</sup>

#### 3. 泥石流、滑坡的起动机理

起动机理一直是泥石流、滑坡研究的重中之重,前沿领域,无论是国际泥石流学术会议或国际滑坡学术会议,最近几次均把“机理”,主要是起动机理,作为会议主题,并有不少论文探讨这一主题。R·M·Irerson认为可采用有孔隙水压水的库伦模型来解释连续介质在刚性斜坡上的破坏机理,即泥石流的起动机理<sup>[6]</sup>;C·Harris利用离心模型实验研究了冻土层(冰土层)从常年缓慢土溜转化为快速运动泥流的机理;R·Genevois对泥石流源地土体中的孔隙水压力随降雨量的变化进行了一条列现场实验后认为:泥石流起动之时,各深度位置土层中的孔隙水压

力值有一个突然增大的现象,从而揭示了土层整体液化起动机理;G·Klubertanz 应用多相介质理论模型研究了浅层滑坡的起动机理;R·Baum 等探讨了剪切滑动带低渗透性软土层中地下水圈闭效应的滑坡机理问题。<sup>[5]</sup>

#### 4. 泥石流、滑坡的力学模型

泥石流、滑坡力学模型是解释泥石流、滑坡多种物理力学现象和建立力学计算(包括速度)的基础。是当今泥石流、滑坡研究最前沿领域之一。国外有很多专家从事此项研究,尤其是泥石流力学模型。泥石流力学模型分单流体和双流体两类,目前国际上主要是单流体模型,模型的核心是建立应力本构关系。单流体本构关系分为三类。一类是由 A·M·Johnson<sup>[7]</sup>和 C·M 弗莱施曼等提出的以宾汉流变关系为基础的本构关系;第二类是以 R·A·Bognold 的试验结果为基础,把泥石流视为膨胀流体或颗粒流,如大同淳之<sup>[8]</sup>、椿东一郎等;第三类视为混合流体,既考虑泥石流浆体的作用,又注重粗颗粒的作用,如 M·A 维诺格拉多夫认为是宾汉体+紊动,莫斯特科夫认为宾汉体+摩擦+碰撞,T·Takanashi 认为是宾汉体+紊动+碰撞。实际上众多的模型可能有其一定的适用的对象,如何抓准对象,根据各类泥石流的特性,提出客观合理,经得起实际流体检验,多数学者认可的力学模型<sup>[9]</sup>,是当今研究的关键。滑坡的力学模型相对比较简单,主要是含有孔隙水压力的库伦模型<sup>[9]</sup>,但也有不同的认识需要研究,统一。

#### 5. 灾难性泥石流、滑坡的成灾机理

随着社会的进步,国际上越来越重视造成大量人员死亡的灾难性泥石流、滑坡的预报与预防,但要正确预报或预防,首先必须揭示灾害性泥石流、滑坡成灾机理,国际有不少知名专家投入此项研究。美国著名专家 R·B 舒斯特,从 20 世纪 80 年代初就开始研究滑坡堵塞坝(包含泥石流堵塞坝)的形成、溃决机理,出版了专题论文集。<sup>[10]</sup>因为滑坡坝的溃决,在美国多次造成大量居民丧生,滑坡坝的溃决机理和加固技术,至今仍然是国际上研究的热点。在人员密集经济较发达的山区,突发性低频率泥石流和前兆不明显的高速滑坡往往会造成大量的人员伤亡和巨大的经济损失,日本、意大利都有这方面的实例,引起了有关部门和滑坡、泥石流专家高度重视。但是这两方面的研究进展不是很大,成功预报和有效预防的实例不多,成为当今泥石流、滑坡研究的最

前沿领域之一。

#### 6. 泥石流、滑坡灾害风险评价

泥石流、滑坡灾害风险评价是最近几届国际性泥石流或滑坡学术会议中讨论的重点问题之一,也是近几年来泥石流界和滑坡界取得的一项明显进展。关于风险的定义很多,其中 1989 年 A·Moskrey 提出的风险度等于危险度与易损度之和<sup>[11]</sup>,而 1991 年联合国提出自然灾害风险表达式为风险度(Risk)等于危险度(Hazard)与易损度(Vulnerability)之积。这一评价模式已为国际上越来越多的学者所认同。<sup>[12]</sup>A·Rogozin 从理论上研究了滑坡风险评价中的危险性、易损性和风险性等 3 个的基本概念,提出了单个滑坡灾害危险性评价指标和区域滑坡危险性分析的定量模型;M·Michoel-Leiba 把斜坡灾害的危险性、易损性和风险评价作为一体,GIS 为技术平台,分别采用平面和三维评价系统,对 Cairns 地区进行了斜坡地质灾害的危险性和风险区划研究,并提出风险等于危险性、易损性和受灾对象等三者的乘积。<sup>[5]</sup>虽然此项研究在国际上取得很大进展,但各专家的认识和处理办法并未得到统一,尚需结合实际作更深入的研究。

#### 7. 泥石流、滑坡预报

泥石流、滑坡正确预报(含警报)是避免或减少泥石流、滑坡灾害造成人员伤亡和贵重物资损失最有效的措施之一,引起各国有关部门和专家们的高度重视,成为国际上最前沿的研究领域之一。尤其 20 世纪 90 年代以后,此项研究如火如荼,涌现了许多具有创新性的成果。<sup>[2]</sup>具体反映在:现代数理科学新理论在预报上综合应用;以“3S”技术的应用为代表,滑坡监测预报技术手段得到前所未有的发展;泥石流报警装置逐渐成熟,能成功地发回信息、作出警报,避免了人员伤亡。但是泥石流、滑坡预测预报仍存在着不足:真正操作性强、能普遍推广应用的预测系统并未建立,难以作到时空预报相结合;监测、预报技术有待进一步发掘与完善。

#### 8. 减轻泥石流、滑坡灾害的关键技术

世界各国的多位泥石流、滑坡专家和工程师们长期致力于泥石流、滑坡防治技术的研究,创造了多种合理、有效、经济的防治工程,解决了多项关键技术问题,为减轻泥石流、滑坡灾害取得了卓越的成效。但由于各国的具体条件不同,在防治方法上各有侧重。在滑坡方面,美国、日本新近发展了非开挖型管道(直径 100~500 mm)用于浅部水平排水。在

阻止、加固的具体措施上,西欧国家主要采用锚固,东欧各国侧重于使用抗滑桩,而且北美一般很少采用阻止、加固措施整治滑坡。<sup>[5]</sup>在泥石流防治方面阿尔卑斯山周边的国家,十分重视生物措施,大量采用园木结构和铁丝石笼结构的拦沙坝,导流堤和护岸,浆砌石和混凝土结构的拦沙坝规模普遍偏小;而美国往往采用混凝土结构的高拦沙坝和大型或较大型的排导槽;日本采用钢结构的格栅坝较多,近年日本十分重视防治工程的生态效益和自然状态,在排导槽表层镶嵌了大小不一的卵石、砾石,偶如天然的卵石砾石层,有些邻近城镇的泥石流防治点,被建设成为休闲的公园。不过作为工程师们最关心的是根据泥石流、滑坡特点,如何设计效益最高,投入最少的防治工程,这个问题并没有完全获得解决。

## 1.2 国内研究发展态势

国内泥石流、滑坡等山地灾害研究起步较晚,但发展很快。20世纪50年代初,由于铁路、公路建设向西部山区延伸,碰到大量泥石流、滑坡等山地灾害问题,所以铁路、公路勘察、设计部门率先开展泥石流、滑坡等山地灾害防治技术研究。20世纪50年代末,60年代初铁道部在兰州、成都分别成立了铁道科学研究所西北研究所和西南研究所,分别以铁路沿线的滑坡、泥石流为主要研究方向,服务于铁路建设。同时中国科学院在兰州和成都分别成立了兰州冰川冻土研究所和成都山地灾害与环境研究所(简称成都山地所),分别设有泥石流研究室和泥石流、滑坡研究室,以泥石流、滑坡等山地灾害为主要研究方向,从学科发展的层面开展系统全面的研究。之后有关大专院校也参与调查研究;国家各有关经济建设部门,针对本部门的实际,开展了泥石流、滑坡等山地灾害防治技术的研究。尤其是1990年代末期国土资源部组织大量人力、物力开展了包括泥石流、滑坡在内的全国地质灾害大调查,推进了群众性的减灾防灾活动。至此,我国泥石流、滑坡等山地灾害研究空前活跃。

从1964年施雅风院士等公开发表的第一篇泥石流科学论文《中国古乡地区冰川泥石流》<sup>[13]</sup>,1975年原中国科学院成都地理研究所发表《滑坡》<sup>[14]</sup>小册子,到现在已40余年。据不完全统计,全国已累积发表泥石流、滑坡等山地灾害的研究论文三千多篇,发表《中国泥石流》<sup>[15]</sup>、《滑坡学与滑坡防治技术》等研究著作近三十部,涵盖泥石流、滑坡等山地灾害研究的各个领域,可以说泥石流学、滑坡学的骨

架已基本形成。在泥石流起动机理、运动力学,在滑坡区域预测和临滑预报的研究上已赶上或超过了国际先进水平。但与国际最新研究态势相比,我们还存在不少差距:

### 1. 泥石流、滑坡基础理论研究不够细微深入

虽然泥石流学、滑坡学的骨架基本形成,但还有许多方面的研究较肤浅,如泥石流、滑坡的起动、机理、动力学模型,涉及甚浅;全国泥石流、滑坡数据库虽90年代后期开始研究,但离完全建成路子还长;泥石流、滑坡的形成与全球气候变化的关系和泥石流、滑坡的水平、垂直地带性研究几乎未涉及。

### 2. 泥石流、滑坡预测预报的理论研究不够

虽然也能讲出一些预报的理论和方法,但对于不同自然地质环境条件下的泥石流、滑坡预测预报因子的选择、预报指标体系建立和临发指标的研究还远远不够,临发预报的准确度和可信度都比较低;

### 3. 泥石流、滑坡防治技术的理论研究不够

拦砂坝是最常用的泥石流防治工程,但它依赖的泥石流最大瞬间冲击力的研究计算还未解决。预应力锚索抗滑桩是滑坡防治常用的抗滑工程,但它的内力计算还未有自己的模型。滑动带压力灌浆治滑坡效果很好,但灌浆后的滑带岩土抗剪强度如何测算,也没有现成的理论支持。

### 4. 针对县级以上乡、村减灾防灾的理论与方法研究不够

近几年国土资源部门根据我国的国情,组织了山区的地质灾害大调查,对地质灾害的危险性进行了评估,对地质灾害点可能危害到的乡、镇、村民住房,发放了明白卡、落实了责任。减灾防灾的工作、措施已在广大山区农村实行,但理论研究远远滞后于实践。

## 2 泥石流、滑坡等山地灾害研究任务

据上述国内外泥石流、滑坡研究态势,结合我所学科发展实际,提出以下研究任务。

### 2.1 山地灾害基础理论的创新性研究

#### 1. 深入研究我国泥石流、滑坡等山地灾害特征与分布规律,创建较完善的中国泥石流、滑坡数据库

我所已经完成了5800条典型泥石流沟和3500个典型滑坡的编目,要进一步在全国范围,尤其在东部山区进行广泛的调查,获取更多的泥石流和滑坡信息,并与国内兄弟单位合作,创建中国泥石流、滑

坡数据库。该库应功能齐全,结构严密、易于操作,便于查询、应用,具有中国特色,达到世界先进水平,力争成为世界最大的泥石流、滑坡数据库。

2. 探索泥石流、滑坡等山地灾害的水平和垂直地带性,更科学地揭示泥石流、滑坡的活动规律

过去国内外对泥石流、滑坡的水平地带性研究很少,垂直地带性几乎没有进行专门的研究。由于我国幅员广大,山体高耸,泥石流、滑坡分布广泛,类型齐全,是研究地带性最理想的场所。通过广泛地收集资料,认真地进行剖析,建立泥石流、滑坡水平地带谱和垂直地带谱,填补世界此项研究的空白,更科学地揭示泥石流、滑坡的分布、活动和成灾规律。

3. 深入探讨泥石流、滑坡等山地灾害的产生机制,揭示高速滑坡起动和粘性泥石流产汇流的过程,建立相应的计算公式

泥石流、滑坡的产生机制国内外均有大量的研究成果。突发性的大型高速滑坡是危害性最大的滑坡类型,对它的起动机理虽有不少研究成果,但尚未触及到本质,有必要从新的思路,展开更深入探索。粘性泥石流产、汇流过程的研究,刚起步。如何根据产、汇流过程,建立合理有据的粘性泥石流流量计算公式,为广大泥石流工作者所期盼。因此我所对此开展创新性研究,进一步揭示突发性高速滑坡的起动和粘性泥石流的产、汇流过程、机理,为泥石流学、滑坡学的发展作出新贡献。

4. 运用多种力学原理,探讨泥石流、滑坡的力学

国内外对泥石流、滑坡的运动力学特性和主要特征值计算的研究,已有大量的成果。但是各家的认识差别甚大,计算公式的形式很多,计算的结果相差较大。因此运用岩土力学、水力学、结构力学、渗透力学等多种力学的原理,进行创新性的研究,探明泥石流、滑坡的动力学特性,确立运动力学模型,进一步建立科学、合理、便于应用的高速滑坡和粘性泥石流的运动速度、冲击力、冲起高等计算公式。这一直是世界滑坡、泥石流研究的前沿领域,急需解决的应用基础理论问题。

5. 进一步探讨泥石流、滑坡的侵蚀和堆积机理,确定侵蚀(冲刷)的深度和堆积的范围,建立相应的计算公式

泥石流、滑坡的成灾,主要是通过侵蚀(冲刷)和堆积来实现的,只有探明侵蚀和堆积的机理,才能揭示成灾规律,有效地预测危害的范围和强度。国内外对泥石流冲刷的研究不多,至今尚未建立完全

适合泥石流的冲刷深计算公式,多引用洪水的冲刷深计算公式。泥石流、滑坡堆积范围和厚度的预测研究较多,但计算公式大部分是经验性的,很难适用于各种泥石流和滑坡。这是当今泥石流、滑坡研究的又一难题,一直没有得到很好解决,因此这项研究十分必要。

6. 灾难性泥石流、滑坡的成灾机理研究

对于一般特大型、大型泥石流、滑坡研究已很多,但对于一些特殊类型的泥石流、滑坡研究不多或刚起步。如冰湖溃决型泥石流洪水灾害,雪崩(冰崩)、岩崩、滑坡、泥石流等灾害链,涉及的流域和范围都很大;大型的古泥石流堆积扇或古滑坡平台上常常有村寨或城镇,一旦复活会造成大量人员死难和财产损失。从古泥石流沟、古滑坡复活角度进行研究不多,>30 m 的泥石流或滑坡堵塞坝突然溃决,过去研究很少,近年来才有一些研究。因此,对灾难性泥石流、滑坡的研究,具有特别重要的减灾意义。

## 2.2 山地灾害防治关键技术的研究

### 1. 泥石流、滑坡预测预报的关键性技术

目前泥石流、滑坡预测(包括危险性预测)、预报的模型较多,但能得到大多数用户认可、成功率高、可以推广应用的却不多,其原因之一是模型本身不够完善,有的仅适用于局部区域;二是参数太多、太复杂或难以及时获得正确预报参数。因此预测、预报成功的关键技术,一是建立更加科学合理、结构严密、参数易取,可推广应用的预测、预报模型;二是解决预测参数的选定和能及时获得预报所需的正确参数问题。近年来由于中央电视台在天气预报中加入滑坡、泥石流灾害预报,因此,滑坡、泥石流预报的正确率已成为全民关注的问题。进一步开展此项研究,提高预测、预报的成功率,是我所未来十年的任务,能否得到社会认可的关键之一。

2. 改进和研制泥石流、滑坡警报器,强化群众性报警,提高报警的成功率和时间提前量

警报一般是指沟道上游已经形成泥石流或滑坡已进入滑动阶段,处于剧滑的前夕,得到此信息后,应立即发出警报信号,实行人员疏散和珍贵物品转移。首先达到无人员伤亡,其次考虑尽可能减少珍贵物品损失。取得警报成功的关键技术,一是有稳定、正确的警报器或动态监测仪;二是有快速传递信息,并立即告知灾区人民的设备。即构成完整的警报系统。我所已经研制有泥石流警报器和滑坡动态

监测仪,应该研制更先进警报器或监测仪,建立完善的泥石流、滑坡仪器警报系统。同时应该研究建立群众性报警系统,让山区人民自己实现泥石流、滑坡报警,这可能比用仪器设备实现报警、更为现实、重要,可以广泛推广。这方面,国土资源系统已走在前面,我们应配合国土资源系统进行更深层次的研究。

### 3. 引入可靠度理论和风险分析新思维探讨泥石流、滑坡防治的最优方案,提高减灾效益

最优方案是指防治泥石流、滑坡最有效、最经济和最安全的方案。编制这类方案的关键是:首先要探明泥石流或滑坡的各种特性和特征,取得正确的各种特征值;在此基础上,引入可靠度理论和风险分析,按照防治的目的,制订目标明确,技术合理,经济可行的三个或三个以上的比较方案;通过分析比较,选定效益最好,投入最少,安全可靠的最优方案。实际上,目前泥石流、滑坡防治方案的选定,也未完全按此程序进行。使有的方案确实达到了最优,但也有不少方案未达到预测目标,效果不佳,甚至有的工程结构、组合不合理,有重复、浪费投资;也有工程出现事故或毁坏。因此要达到方案最优,必须在勘测、设计过程中引入可靠度理论和风险分析。这是工程设计的新思维,应给予研究。

### 4. 探讨设计最佳新型工程,提高工程的综合效益、抗灾能力和景观效应

最佳工程是指效果好、造价低、安全可靠、美观自然的泥石流、滑坡防治工程(含土木工程和生物工程)。要使防治工程达到最佳的关键是:首先必须掌握泥石流、滑坡的特性,取得工程设计所需各种特征值(参数),在此基础上选定适合泥石流、滑坡特性的结构形式,确定工程的断面尺寸。过去由于选定的工程结构和断面尺寸不合适,造成有的工程效益不能达到预期目的;有的工程遭到毁坏;也有的工程因断面尺寸过大造成浪费。至于工程的景观效应,我国过去考虑不多,但日本、奥地利等国对此都十分重视。为了设计最佳工程,除了合理选用已有的工程结构形式外,更需要设计新型的结构形式,只有这样,才能使防治工程越来越佳。

### 5. 探讨应急减灾的关键技术,建立泥石流、滑坡的应急减灾体系

泥石流、滑坡都是突发性的自然灾害,极易造成人员伤亡和财产损失。得到泥石流、滑坡发生的警报后,如何立即启动应急减灾体系,实施应急减灾预案,是避免灾区人员伤亡和减轻财物损失的关键。

过去虽然也有较多的研究成果和应急减灾成功实例,但也有不少沉痛的教训。解决应急减灾中的关键技术,探讨完善的应急减灾系统,根据对泥石流沟和坡体的危险度预测和保护对象具体情况,制订高效、快速、可行的应急减灾预案,是当今世界非常热门的研究课题,我所应为此项研究达到世界先进水平,保障灾区人民生命安全开展深入细致的研究。

### 6. 泥石流、滑坡资源开发、保护的关键技术研究

变灾害为资源是我国和世界都十分感兴趣的研究课题。现在已经利用的泥石流、滑坡资源主要有两个方面。一是古泥石流堆积扇以及沟道两侧滩地和古滑坡平台,开发为耕地或居民点,如目前我国有150个县级以上的城镇,全部或部分建筑在古泥石流堆积扇和古滑坡体上;二是大型泥石流和滑坡堵塞断主河,形成的堵塞湖,开发为旅游景点或水电站,前者如西藏若各的错高湖、然乌湖,后者是藏南最大的湖泊——羊卓雍湖。但古泥石流、古滑坡复活,泥石流、滑坡的堵塞坝溃决,又是前面提到的灾难性灾害。因此能否长期、安全利用这两种非常宝贵,而又极其危险的资源,关键是要采用各种技术措施防止古泥石流沟、古滑坡复活和泥石流、滑坡堵塞坝溃决。我所应十分重视此项研究,把灾难性灾害转化为可持续利用的宝贵资源,创造世界瞩目的业绩。

## 3 结论

1、国外泥石流、滑坡等山地灾害的研究已有近300 a的历史。泥石流学、滑坡学的框架已形成。近几年的国际学术会议表明:泥石流、滑坡活动的地带性与全球气候变化的规律;泥石流、滑坡起动机理、动力模型;泥石流、滑坡灾害风险分析与发生时间预报;灾害性泥石流、滑坡成灾机理与防治关键技术。已成为当今世界关注的热点,研究的前沿领域。

2、我国泥石流、滑坡等山地灾害形成起步较晚,也有近50 a的历史,参与研究的部门、单位、人员之多是世界各国无法比拟的。研究的领域除泥石流、滑坡基础理论外,涉及上述诸多方面。有中国特色的泥石流学、滑坡学骨架已基本形成。与国外研究态势相比,国内研究仍存在一定差距。

3、据国内外泥石流、滑坡等山地灾害研究态势,结合我所实际,提出我所今后的研究任务是继续深入开展泥石流、滑坡等山地灾害基础理论研究;探索其活动的地带性规律;完善中国泥石流、滑坡数据

库;加强泥石流、滑坡形成、起动机理和运动力学模型研究;开展泥石流、滑坡等山地灾害成灾机理、预测预报、减灾防灾的关键技术研究。为完善和发展泥石流学、滑坡学作出新的贡献。

### 参考文献(References)

- [1] Великанов М. А. и др. Селевые лавины и меры борьбы с ними [M]. Изд. АН СССР. Москва. 1957, 1 ~ 197
- [2] Qi Geng, Peng Shaomin. Current Understanding and Prevention of landslides in Our country and Abroad[J]. *Di Zhi Kan Tan An Quan*. 2000, (3):16 ~ 19[齐更,彭少民. 国内外滑坡防治与研究现状综述[J]. 地质勘探安全. 2000, (3):16 ~ 19]
- [3] Black welder E. Mud flow as a geologic agent in semiarid mountains [J]. *Geological Society of America Bulletin*. 1928, 39:465 ~ 487
- [4] Innes J. L. Debris flows[J]. *Progress in Physical Geography*. 1983, 7(1):469 ~ 501
- [5] Yin Kunlong, Han Zaisheng, Li Zhizhong. Progress of Landslide Researches in the World[J]. *Hydrogeology and Engineering*. 2000, (5):1 ~ 3[殷坤龙,韩再生,李志中. 国际滑坡研究的新进展[J]. 水文地质工程地质. 2000, (5):1 ~ 3]
- [6] Iverson R. M. The physics of debris flows[J]. *Reviews of Geophysics*. 1997, 35(3):245 ~ 296
- [7] Johnson A. M. Physical Process in Geology[M]. Freeman, Cooper & Company, 1970. 1 ~ 260
- [8] 大同淳之. 粒子流の流動式[A]. 见:第 16 回自然灾害科学综合シンポジウム[C]. 1979. 215 ~ 218
- [9] Iverson R. M., Reid M. E. La husen R. G. Debris flow mobilization from landslides [J]. *Annual Review of Earth Planetary Sciences*. 1997, (25):85 ~ 138
- [10] Schuster R. L. Landslide dam: processes, risk, and mitigation [A]. In: American Society of civil Engineers Geotechnical Special Publication[C]. 1986, (3):1 ~ 96
- [11] Maskrey A. Disaster Mitigation: A Community Based Approach [M]. Oxford: Oxfam. 1989. 1 ~ 100
- [12] Xilin Liu. Risk Assessment of Debris Flows[M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 2003. 1 ~ 104 [刘希林. 泥石流风险评价[M]. 成都:四川科学技术出版社. 2003. 1 ~ 104]
- [13] Shi Yafeng. Ice debris flows in Gu town of Tibet[J]. *Chinese Science Bulletin* 1964, 15(6):542 ~ 544[施雅风. 西藏古乡地区冰川泥石流[J]. 科学通报. 1964, 15(6):542 ~ 544]
- [14] Sichuan Research Institute of Geography. Landslide[M]. Beijing: China Science & Technical Press, 1975. 1 ~ 146[四川地理研究所. 滑坡[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1975. 1 ~ 146]
- [15] Institute of Mountain Hazards and Environment of Chinese Academy of Sciences. Debris Flow in China. Beijing: Commercial Press, 2000. 192 ~ 221 [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 中国泥石流[M]. 北京:商务印书馆, 2000. 192 ~ 221]
- [16] Wang Gongxian, Xu Junling, et al. Landslide and Landslide Prevention Technology[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2004. 1 ~ 200[王恭先,徐俊岭,等. 滑坡学与滑坡防治技术[M]. 北京:中国铁道出版社, 2004. 1 ~ 200]
- [17] Fei Xiangjun, Shu Anping. Movement Mechanism and Disaster Control for Debris Flow[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. 81 ~ 190[费祥俊,舒安平. 泥石流运动机理与灾害防治[M]. 北京:清华大学出版社, 2004. 81 ~ 190]
- [18] Xie Hong, Zhong Dunlun, Wei Fangqiang, et al. Debris flow hazards and their formation causes in mountain urban area of China [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(1):79 ~ 87[谢洪,钟敦伦,韦方强,等. 我国山区城镇泥石流灾害及其成因[J]. 山地学报, 2006, 24(1):79 ~ 87]

## The Development Trend of the Mountain Hazards Research and the Task

WU Jishan, WANG Chenghua

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Debris flows and landslides are the serious environments hazards which bring the attention of world people. According to the new achievements of the national academic conference recently, the research frontiers of debris flows and landslides can be concluded into the follows aspects: debris flows, landslides and the globe climate change; the mechanism of debris flows and landslides initiation; the dynamical model of debris flows and landslides; forecast and assessment of debris flows and landslides hazard and risk; the mechanisms and the controlling technology of debris flows and landslides. The research in our country is later and not deep than the abroad and there are some differences, but there is a fast progress on the above aspects in recent 50 years. Based on the current situation and developments of debris flows and landslides study at home and abroad, the paper bring forward 12 tasks for us on the research of theories innovation and key mitigation technologies.

**Key word:** debris flow; landslide; development trend; the task of IMDE, CAS