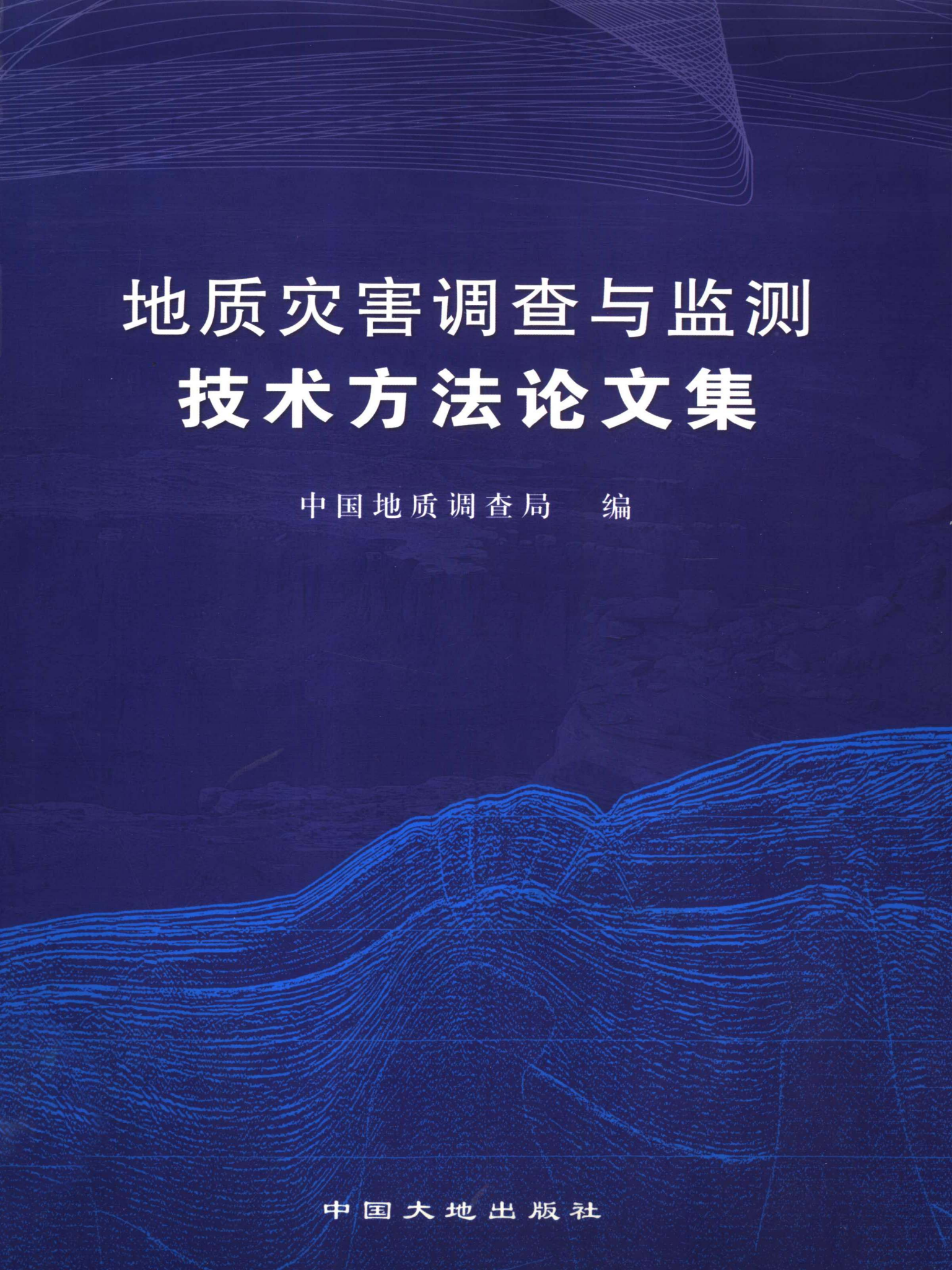




地质灾害调查与监测 技术方法论文集

中国地质调查局 编

中国大地出版社

地质灾害调查与监测技术方法论文集

中国地质调查局 编

中国大地出版社
·北 京·

内 容 提 要

本论文集收录了中国地质调查局在巫山召开的地质灾害调查与监测技术方法现场研讨会论文,酌量选择转载了部分国内期刊此领域有关论文,并收集和翻译了一些国外近期文献。包括地质灾害勘查与监测理论、技术方法研究、应用现状和发展趋势,勘查与监测实例及示范,勘查与监测管理模式与经验等方面的论文共45篇。以期拓展思路,促进我国该领域工作的长足发展,减少和降低地质灾害损失,保护地质环境,最大程度保障国民经济发展和人民生命财产安全。

本书可供从事地质灾害勘查与监测的科技工作者及管理人员使用、参考。

图书在版编目(CIP)数据

地质灾害调查与监测技术方法论文集/中国地质调查局编.

—北京:中国大地出版社,2005.6

ISBN 7-80097-766-8

I.地... II.中... III.①地质灾害-调查-文集

②地质灾害-监测-文集 IV.P694-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 062821 号

责任编辑:张琨 张国秀 朱汝烈

出版发行:中国大地出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路31号 100083

电 话:010—82329127(发行部) 010—82329008(编辑部)

传 真:010—82329024

印 刷:北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本:889mm×1194mm 1/16

印 张:22.75

彩 插:31页

字 数:620千字

版 次:2005年6月第1版

印 次:2005年6月第1次印刷

印 数:1—1200册

书 号:ISBN 7-80097-766-8/P·53

定 价:77.00元

(凡购买中国大地出版社的图书,如发现印装质量问题,本社发行部负责调换)

《地质灾害调查与监测技术方法论文集》

编 辑 委 员 会

主 任：殷跃平

副主任：张作辰 韩子夜 彭光泽

委 员：(以姓氏笔画为序)

王洪德	王建锋	孙建平	史 云	冉宾雁	李洪涛
朱汝烈	朱 桦	刘传正	许 强	张开军	张 青
张国全	张佑祥	陈华文	肖国强	周平根	胡时友
施 斌	郭建强	莫元春	熊盛青	高新平	彭轩明
雷明堂	魏玉梅	魏伦武			

序

我国幅员辽阔，地质环境条件甚为复杂。广泛分布、频繁发生的滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害，与洪水、地震等自然灾害共同构成对生产建设、国民经济发展和人民生命财产安全的严重影响和危害，造成了相当严重的损失。我国是全球公认的地质灾害严重国家之一。

为遏制和减少地质灾害的危害，保障国民经济的可持续发展，国务院颁发了《地质灾害防治条例》，按照“以人为本，防治结合，统筹规划，突出重点，分期实施，逐步到位”的方针，有计划地对我国地质灾害严重的 700 多个县市，分批进行地质灾害基本情况调查和防治区划；并对其中的重点建设项目、交通要道具有显著影响、危害，或对群众生命财产构成现实或潜在威胁的地质灾害体，运用科学手段，开展必要而有效的工程防治和动态监测、预报及临灾预警工作。

近 20 年来，在地质灾害集中分布、危害显著严重的长江三峡库区，国家专门安排了针对地质灾害的调查和防治专项工作。对库区淹没范围的奉节、巫山、巴东、云阳、秭归等受地质灾害严重困扰的县移民新城址和城镇，开展了地质灾害防治工作和监测预报项目；在反复勘查、研究、论证后，国家投入巨额专项资金，对长江航运和三峡工程施工具有严重潜在威胁的秭归县链子崖危岩体和巴东县黄腊石滑坡进行了工程整治和长期监测，已取得明显成效；近年来，中国地质调查局又在地质大调查项目中，在巫山县建立了地质灾害实时监测预警示范站，以期通过对地质灾害的实时监测、预报和信息传输及发布等新技术方法的综合研究，提供可供该领域工作者参考借鉴的范例，提高我国地质灾害监测预报工作水平。

多年来，在地质环境工作者与相关部门同行及地方领导、管理人员的共同努力下，地质灾害调查和监测预报工作人员积极努力，不断探索，为减少我国地质灾害的危害作出了显著成绩，积累了较为丰富的经验。地质灾害调查和勘查由传统的地质 - 水文工程地质调查、填图配合以少量勘探工作，发展为运用 GPS 系统定位调查填图 - 遥感 - 综合物探新技术 - 井孔测试及微机数据库等系列技术手段，使人们对地质灾害体的外形特征、岩土物理力学和含水性质、变形破坏结构特征及灾害体地质背景、边界条件等，得以系统全面的了解和掌握。而对地质灾害的监测，从运用较为单一的大地测量、水准测量手段监测位移变形，及用皮尺、钢尺、卡尺等工具和简易标志手工量测，发展到运用机测 - 自动自计仪器电测、遥感解译、GPS 系统监测、微机自动采集、储存、传输、处理、分析数据及数据库系统等新技术方法手段，结合运用灾害体稳定性分析预测理论的新成果，使对地质灾害的中、长期预测预报和临灾预警的及时性和准确率大为提高，在减轻地质灾害损失方面发挥了重要作用。

为总结这方面的成果、经验，促进地质灾害调查和监测预报工作长足发展，中国地质调查局于 2004 年 9 月在巫山县召开了地质灾害调查与监测技术方法研讨会。本论文集以研讨会交流的论文为主，同时征得作者和原刊物同意，酌量转载了国内部分期刊已刊载的该领域论文，还委托中国地质调查局技术方法研究所组织查询、收集和选择翻译了少量国外近期有关文献，荟萃而成。

论文集收入的论文包括：地质灾害勘查与监测理论，勘查监测技术方法的研究、应用现状与发展趋势，勘查与监测实例及示范，勘查与监测管理模式与经验等方面内容。全论文集载入

论文 45 篇。论文集宗旨在于总结和交流经验，引导我国地质灾害防治工作者拓展思路，促进我国地质灾害调查与监测工作的进一步发展，减少和降低地质灾害损失，保护地质环境，最大程度保障国民经济发展和人民生命财产安全。

本论文集由中国地质调查局责成技术方法研究所具体操作稿件征集、汇总、筛选和前期技术编审工作。在此，对撰写供稿的所有作者、译校、编审、制作人员致以诚挚感谢。

囿于编者水平所限，本论文集中某些学术或技术问题、观点尚难求全；编辑、刊印中亦瑕疵难免，恳请读者谅解、斧正。

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'W. K. Z.' or similar, written in a cursive style.

2005 年 2 月

目 录

中国地质灾害减灾战略初步研究	殷跃平 (1)
----------------------	---------

地质灾害调查、监测理论

滑坡时间预测预报研究	许 强 黄润秋 李秀珍 (13)
滑坡基质吸力观测研究	黄润秋 戚国庆 (20)
泥石流成因机理的非饱和土力学理论研究	戚国庆 黄润秋 (25)
斜率单变点分析	王建锋 (30)
三峡库区泄滩滑坡滑带土特征研究	许 强 黄润秋 程谦恭 丁秀美 李东山 李彦荣 (38)

地质灾害监测技术方法

地质灾害监测方法技术现状与发展趋势	韩子夜 薛星桥 (47)
地质灾害防治工程中监测新技术的开发应用与展望	季伟峰 (53)
遥感技术在地质灾害调查与监测中的应用	熊盛青 聂洪峰 杨金中 (58)
浅议三峡库区地质灾害预警工程常用监测方法及应用	王爱军 薛星桥 (64)
TDR 技术及其工程地质应用	史彦新 张 青 孟宪玮 杨丽萍 (71)
分布式光纤传感技术及其在工程监测中的应用	施 斌 丁 勇 索文斌 高俊启 (74)
基于 GIS 的地质灾害区域评价与危险性区划系统研究	黄润秋 许 强 沈 芳 向喜琼 阮沈勇 罗文强 (82)
开放式地质灾害监测系统的研究	史彦新 (89)
滑坡监测信息系统研制与开发	
——以四川雅安峡口滑坡为例	周平根 姚磊华 (92)
浙江省地质灾害监测方法探讨	赵建明 唐小明 (98)
数字滑坡技术及其应用	王治华 (103)
GPS 在巫山高边坡监测中的应用	周 晃 陈 诚 谭杰恒 (112)

地质灾害调查、监测、预报实例

实时监测技术在地质灾害防治中的应用	
——以巫山县地质灾害实时监测预警示范站为例	高幼龙 张俊义 薛星桥 谢晓刚 (121)
基于 GIS 的大型工程分布式光纤传感监测系统研究	索文斌 王宝军 施 斌 蔡 康 (129)

链子崖危岩体防治工程效果评价	王洪德	金泉豪	(136)
长江三峡工程蓄水对链子崖危岩体稳定性影响分析	金泉豪	王刚	(145)
长江三峡库区地质灾害空间评价预警研究	刘传正	李铁锋	温铭生
.....	王晓朋	杨冰	(150)
三峡库区滑坡综合预报系统的设计与实现	李东山	黄润秋	许强
.....	李彦荣		(164)
三峡库区地质体工程加固的动弹力参数测试法试验研究			杨勤海 (169)
三峡库区地质灾害勘察物探技术方法应用	李洪涛	孙党生	杨勤海
.....	杨进平		(174)
三峡库区万州一巫山段地质灾害监测预警研究	欧阳祖熙	张宗润	陈明金
.....	师洁珊	陈征	韩文心 (190)
岩溶塌陷实时监测	雷明堂	蒋小珍	李渝
.....	蒙彦		(200)
重庆市金佛山甄子岩危岩的动态监测与预警预报	任幼蓉	张军	陈鹏 (213)
上海市地面沉降监测技术			陈华文 (219)
北京市地面沉降区含水岩组和压缩层划分	刘予	叶超	(226)
苏-锡-常地区地裂缝灾害研究			宗开红 (237)
应用高精度 GPS 监测鲜水河断裂的现代地壳运动	刘宇平	唐文清	陈智梁
.....	张清志	赵济相	张选阳 (244)
西藏自治区贡觉县泥石流灾害研究	戚国庆	曹修定	夏抱本
.....	滕云		(250)
三峡水库蓄水后秭归县几个典型滑坡变形及监测	彭轩明	张业明	鄢道平
.....	金维群	汪发武	霍志涛
.....	陈小婷		(255)
降雨对白家堡滑坡的变形及稳定性影响	黄波林	陈小婷	张业明
.....	金维群		(262)

地质灾害防治管理

广西地质灾害调查及监测的现状与展望	梁春梅	何启仕	(271)
辽宁省矿山地质灾害现状及趋势分析	王颖		(276)
巫山县地质灾害现状及防治	张佑祥		(282)

国外相关文献

预测模拟技术在空间数据库优化开发中的应用 ——专家系统类比法滑坡灾害制图案例研究	Alberto Pistocchi	Lucia Luzi	Paola Napolitano	著	朱汝烈	译校	(289)
滑坡风险分析实例研究	G.L.Sivakumar Babu	M.D.Mukesh		著	赵玉军	译	朱汝烈 校 (301)
用恒定散射技术监测滑坡和构造运动	Carlo Colesanti	Alessandro Ferretti	Claudio Prati	Fabio Rocca	著		
				杨秀元	译	朱汝烈	校 (310)
锡金甘托克喜马拉雅山区滑坡灾害及其缓解措施	Rajinder Bhasin	Eystein Grimstad	Jan Otto Larsen	Ashok K. Dhawan			
	Rajbal Singh	S.K.Verma	K.Venkatachalam	著	葛秀珍	译	朱汝烈 校 (320)
运用地理信息系统新技术进行滑坡稳定性三维评价和滑动过程模拟研究							

- Mowen Xie Tetsuro Esaki Guoyun Zhou Yasuhiro Mitani 著
 张晓娟 译 罗靖筠 校 朱汝烈 复校 (335)
- 谋求土地利用规划者的支持以减少美国的泥石流灾害损失
- P.L. Gori S.P. Jeer L.M. Highland 著 魏玉梅 译 朱汝烈 校 (347)

中国地质灾害减灾战略初步研究^①

殷跃平

(中国地质调查局, 北京, 100035)

【摘要】 论文简要回顾了我国近年来地质灾害减灾基本情况, 指出了地质灾害减灾目前面临的主要问题: 潜在灾害体的早期识辨差, “灾后”研究普遍; 西部地区大开发中灾发性地质灾害问题突出; 东部地面沉降等缓变地质灾害问题严重; 地质灾害基础理论和防灾技术落后等。参照联合国提出的国际减灾战略和美国制定的滑坡减灾国家战略, 对我国制定 21 世纪初地质灾害减灾战略提出初步建议: ①开展地灾风险区划, 并作为国家减灾强制性标准加以实施, 建立减灾科学体系, 加强综合减灾能力建设, 从对国家、区域、城市、乡村的承灾载体出发, 依靠科技进步, 建立并逐步完善地质灾害监测预报群专结合体系; ②提高崩、滑、流突发性地质灾害的监测预报水平, 开展国家和省级气象-地质灾害预警, 开展县级地质灾害预报; 全面建成地面沉降等缓变地质灾害现代化监测控制网络, 实施以控制地面沉降为目标的含水层修复工程; ③对本世纪全面实施的中国城市化进程与都市圈建设、中国西部大开发、中国小城镇建设、重大生命线工程等推动中华民族社会经济进程的关键战略分层次进行全面的综合减灾对策战略研究、减灾规划和减灾措施的实施; ④全面提高我国地质灾害减灾应急快速反应能力, 建立综合型救援专家技术型队伍, 加大地质灾害应急处置技术指导力度, 提高民众防灾自护文化意识及技能, 为减灾教育保证足够的媒体及园地; ⑤通过综合减灾, 使我国地质灾害的发生率和财产损失量明显降低, 到 2020 年人员伤亡减少 70%, 即由现今每年死亡 1000 人以上, 降低到 300 人以下。预期灾害发生率和财产损失量减少 50%, 即由现在的 100 亿元以上减少到 50 亿元以下。

【关键词】 地质灾害 国际减灾战略 滑坡 地面沉降

1 5 年来地质灾害减灾回顾

中国是地质灾害最为严重的国家之一。地质灾害种类多、分布广、危害大, 严重制约着灾害多发地区的国民经济发展, 威胁着人民生命财产安全。特别是在汛期, 受气象因素的影响, 崩塌、滑坡、泥石流等突发性地质灾害频繁发生, 经常造成生命和财产的重大损失。据统计, 近年来, 除地震以外的各类地质灾害平均每年造成 1000 多人死亡、经济财产损失上百亿元。

1.1 全国地质灾害调查与预警

自 1999 年以来, 在全国范围内继续开展了以地质灾害为主 1:50 万分省环境调查, 到 2003 年, 将全部完成全国范围的 1:50 万调查任务, 为编制以省为基础的全国性地质灾害防治规划提供了重要的地质依据, 同时, 已广泛服务于西气东输、西电东送、青藏铁路等重大工程建设地质灾害评估和东部沿海重要经济区和西部大开发国土整治中。

为了全面查清全国地质灾害隐患情况, 1999 年开始对全国 700 个地质灾害严重的县市开展

① 本文原载于《中国地质灾害与防治学报》, Vol.15, No.2: 1~7。

了地质灾害调查与区划工作,目前已完成427个县市的调查工作。被调查县市面积达108万 km^2 ,共查出地质灾害隐患点约54000处,建立了群测群防的隐患点4万多处,编制防灾预案近300本,并建立了县、乡、村三级责任制的群测群防、群专结合的监测体系。这些成果已成为各级政府制定防灾减灾、经济建设布局以及地质环境监督管理工作的重要依据。通过地质灾害调查和预警系统的建立,使我国地质灾害预报成功率大大提高。2002年成功地预报了703次地质灾害,避免了19000多人的伤亡。例如,新疆伊犁州2002年遭遇了50年一遇的低温和连续降雨,诱发了区域性大规模地质灾害,特别是新源、巩留两县多处突发大规模地质灾害。由于部署了群测群防监测,预报成功率达70%以上,避让、搬迁及时,使新源县避免1114人伤亡,减少直接经济损失2071万元,巩留县避免人员伤亡318人,减少直接经济损失258.5万元。

1.2 三峡库区地质灾害防治

为了确保三峡库区120万移民的安全和三峡工程顺利实施,国土资源大调查在1999年将《三峡库区地质灾害调查及监测预警系统建设》作为首批地质调查项目加以实施,对三峡库区19个县(区)开展了1:10万地质灾害调查,共完成调查面积5.5万 km^2 ,发现灾害点6200余处。这项工作为国家投入的40亿元开展三峡库区地质灾害防治的规划编制和监测预警系统建设提供了重要的基础。三峡库区地质灾害防治目标和重点分为近期、中期和远期。近期目标是2003年6月135m水位蓄水前,对有重大影响的崩滑体隐患,以及达到175m设计蓄水水位时有重大影响,在蓄水至135m后未能治理的崩滑体进行有效防治;中期目标是2003年7月至2009年9月到175m蓄水水位前,使已查明蓄水至156m和175m时有重大影响,且在蓄水至135m后不影响治理的崩滑体隐患和移民安置区的崩滑体隐患得到有效防治;远期目标是2009年9月蓄水至175m后,对可能引发的地质灾害进行充分估计和预测、监测和预警预报,使新生的地质灾害得到有效防治。

三峡库区地质灾害防治规划包括5项主要内容:一是崩滑地质灾害防治和塌岸防护调查评价规划。2003年以前重点完成崩滑体调查评价484处,库岸长184km,高切坡1428处。二是崩滑地质灾害防治规划。2003年6月135m蓄水前完成规划近期工程治理和搬迁避让的崩滑体429处。三是塌岸地质灾害防护规划。2003年6月以前完成防护塌岸79km。四是地质灾害监测预警规划。在三峡工程大坝前135m水位蓄水影响范围内,增加监测预警崩滑体152处。五是高边坡防护和深基础处理规划。防治重点是移民迁建城镇和重要交通等复建设施所形成的高边坡和深基础。其中高切坡防护1428处,深基础防护处理以奉节、巫山、巴东等新城为主。

库区地质灾害调查与预警加大了科技创新力度,在重庆巫山、奉节、巴东等县初步建立了以专业队伍为主具有国际水平的重大地质灾害实时监测预报示范站,为我国地质灾害严重区开展地质灾害科学监测和预报提供了范例,同时,推广了一批具有较高科技水平的滑坡和高边坡整治工法,为三峡库区地质灾害防治提供了范例。

1.3 东部地区地面沉降监测与防治

为了确保东部地区社会经济的可持续发展,以城市为重点开展了北京、天津、上海、苏-锡-常、杭-嘉-湖等地区的地面沉降调查和监测预警系统的建设,进一步查清了这些地区地面沉降状况,完成了长江三角洲地下水资源与地质灾害调查评价。针对因超采地下水而引起的地面沉降,提出了该区地面沉降监测网络建设方案。初步完成了长江三角洲地区地面沉降为主的环境地质调查,评估了上海市20世纪60年代以来地面沉降造成的经济损失,获得了近年来由于城市高层建筑群的建设加剧地面沉降的数据,初步查明了苏-锡-常地区地面沉降的范围和地裂缝分布特征。并结合三角洲地区社会经济发展,编制了全区地面沉降监测规划方案,同时,在苏-锡-常地区进行了浅层水合理开发利用试验,为下一阶段监测预警工程的实施和地质环境的合理保护提供了充分的地质依据。开展了华北平原区地面沉降初步调查,为下一步开展监测网的建设和灾害控制提供了基础。

1.4 矿山环境地质问题调查与整治

为了查清我国矿产资源开采中的环境地质问题,以省为单元开展了黑龙江等12个省份的矿山地质环境调查与评估,并结合西部大开发,开展了西北地区不同类型矿产开发环境地质研究,晋陕蒙能源基地(陕北地区)矿山地质环境调查。获取了与矿业活动相关的水土流失、土地沙漠化、水环境变化、地面变形、固体废弃物占用土地以及崩塌、滑坡和泥石流等次生地质灾害等地质资料。对区域性的矿山地质环境问题有了规律性的认识,对西北地区矿业开发的地质环境保护提出了战略建议。

1.5 建设用地质灾害危险性评估

推行了建设用地地质灾害分级评估制度,有效地减轻了人为地质灾害带来的损失。目前已经完成了“西气东输”等国家重大项目的地灾评估。“西气东输”工程的管道,由西向东,途经新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南、安徽、江苏、上海,干线经由9个省、自治区、直辖市,全长4200多千米,是我国跨流域、跨地貌单元的重大基础工程建设项目。沿线各流域、各地貌单元,各地段地质环境条件存在巨大差异,尤其是跨流域、跨地貌单元的重要地段,地质环境背景条件对工程建设长远运行将产生重大影响。

开展建设用地地灾危险性评估从根本上加大了防患于未然的力度。但是,目前的工作并未扩展到设计、施工阶段。不少风险评估为地灾高发区,成果未能发挥应有的作用,致使发生了多起本可避免的灾害。

1.6 地质减灾理论与方法研究

国家科学技术部、国土资源部等在“八五”、“九五”和“十五”计划期间,组织了对地质灾害防治和监测预报的科技攻关,系统地解决了我国地质灾害减灾防灾的技术难题,以三峡工程库区地质灾害防治为龙头,地质灾害监测预警高新技术体系已经形成,灾害防治初步形成了一套基于地质工程理论和方法的防治思路和技术方法体系,为实现IDNDR提出的减轻自然灾害造成的损失30%的目标提供了有力的技术支撑。

2 我国地质灾害减灾工作面临的主要问题

2.1 对潜在灾害体早期识辨差,“灾后”研究多

我国目前研究并采取减灾措施的滑坡实际上大多已经发生过滑动,并且滑坡的滑带、前缘剪出口、后缘边界等滑坡要素较为清楚。这些滑坡实际上是滑坡堆积体,其产生严重灾害的几率大都消除。由于通过数十年的调查和防治工作,特别是在城市区,老滑坡的分布及性状基本了解,许多滑坡均已注册登记,并制定了防灾预案,或采取了工程治理,因此老滑坡的复活成灾损失相对较小。我国目前成灾最严重的大多为新生的滑坡,因此应该加强滑动前的研究。如何加快潜在灾害体的辨识,难度非常大,可采用分层次的方式开展潜在灾害体的识辨。①区域研究:提高调查精度,在灾害易发区开展大比例尺的调查;②灾害评估:结合工程建设,对“动土”的地方开展精细的环境工程地质调查,有针对性地作出地灾危险性评估;③新方法技术研究:建立3S-based滑坡标识体系(indicators),与暴雨、地震和工程活动相结合,作出风险区划。

2.2 西部大开发中突发性地质灾害问题突出

目前,兴建西部铁路、公路的规划正在进行,许多线路通过地段地质条件复杂,是地质灾害的多发区。由于大规模的开挖将引发滑坡、崩塌等地质灾害,而随意弃土石将引发泥石流灾害。同时,西部地区城市化加强也引发了不少严重的地质灾害。我国西南、西北不少县城,甚至城市位于灾害易发区。如四川凉山、甘孜、阿坝3个自治州,数十座县城坐落在滑坡体或泥石流堆积体上,随着西部大开发战略的实施,城镇化进程加快,导致地质环境容量过载,出现了很多地质灾害问题。加大对西部矿山地质环境的保护,对于防治人为不合理的工程活动诱发的

水土污染、泥石流、山体崩塌、地面塌陷等是非常紧迫的重任。例如,2003年5月11日,贵州省三穗至凯里高速公路平溪特大桥3号墩附近发生滑坡,造成35人死亡的灾难。滑坡诱发原因:①在坡体前缘两次切坡,导致稳定性大大降低。其中,3号桥墩“三通一平”切坡,形成以残坡积土和碎石土为主的高16m的边坡,坡度达45°;顶部形成两级平台,致使边坡稳定性差。随后,3号墩施工进行基础开挖,形成总高度26m的碎石土为主的高陡边坡,坡度达55°~70°,边坡稳定性大大降低。②上部由于4号和5号桥墩基坑开挖和道路拉槽剥土,形成体积约3000m³的弃土和料石,并加载于滑坡后部,加大了滑坡的下滑力。现场调查表明,滑坡中前部纵张裂缝发育,具有推移式滑动的特征。这种缺乏防灾知识的鲁莽蛮干现象在西部大开发工程建设中是非常普遍的。

2.3 东部缓变地质灾害问题严重

我国东部地区缓变地质灾害主要包括长江三角洲地区和华北地区两大片。包括地面沉降和地裂缝灾害。这些地区是我国构造沉降区。但是,人为活动是加剧地面沉降的主因。可以分为两大因素:①在20世纪初,主要由于地下水的严重超采,导致含水层的压缩沉降;②20世纪末,由于高层建筑的增多和浅层地下空间的大规模开发,建筑荷载加大、地下空间扰动和浅部含水层的疏干,导致了浅层地面沉降的加剧。长江三角洲地区(包括上海、江苏及浙江的15个市,面积近10万km²)是我国经济最发达,人口最为密集的地区之一,也是世界上少数最具经济活力的地区之一。但是,本地区国土资源开发与脆弱地质环境的矛盾日益突出。因开采地下水所导致的地面沉降最早发生于20世纪20年代初的上海市区,并在60~70年代造成严重的灾害。自60~70年代起,本地平原区各主要城市相继产生地面沉降,尤其是江苏苏-锡-常地区、浙江杭-嘉-常地区地面沉降日益严重,到80~90年代,地面沉降以各城市为中心不断向整个区域扩展,并有连成一片的趋势。同时,伴随着都市化程度的不断提高,又产生了新的沉降因子,即在软土地区进行大规模、高密度的城市建设及工程活动,加剧了地面沉降。这使原来就以地势低洼为特点的太湖水网地区以及滨江临海地区地势更加低洼,使50年代大规模兴建的防洪及排涝等水利工程严重失效,使本已遏止的洪涝灾害又趋加剧。地面不均匀沉降,导致构筑物受损,大规模市政基础设施破坏;引发了20余处地面坍塌和地裂缝地质灾害,直接威胁人民生命财产的安全,制约了社会经济的可持续发展。90年代末,苏-锡-常、杭-嘉-湖及上海市累积沉降超200mm范围已达1/3,面积近10000km²,并在区域上有连成一片的趋势。以上海市中心、江苏的苏-锡-常、浙江的嘉兴为代表的沉降中心区的最大累积沉降量分别已达2.63m、2.80m、0.82m。1990年后苏-锡-常地区发生了特有的地质灾害——地裂缝。据目前最新的调查结果,已发现20余处地裂缝灾害,发育规模较大地区已形成长数千米、宽数十米不等的地裂缝带。

华北平原包括北京、天津、河北、山东和河南等省市平原区,面积14万km²。由于地下水长期超量开采,华北平原成为世界上地下水降落漏斗面积最大(以0m等水位线计,总面积近7万km²)、地面沉降面积最大、类型最复杂的地区。华北平原地面沉降区,包括北京市、天津市的平原区,河北平原中东部和山东的鲁西北地区。4省市累积最大沉降量分别为800mm(2002年北京东郊)、3140mm(天津塘沽区)、2236mm(河北沧州)和640mm(山东德州)。这是我国地面沉降连片分布范围最大的地区。大面积的地面沉降给当地人民生命财产安全造成了严重威胁,成为制约当地经济可持续发展的重要因素之一。

2.4 地质灾害基础理论和防灾技术落后

我国滑坡灾害防治理论非常落后。如依据传统方法计算出的滑坡推力已达 $10^4 \sim 10^5$ kN的数量级,大大超过滑坡体实际强度,脱离实际。随着数学、力学、计算机等学科的飞速发展,推动了地质灾害研究领域日新月异的变化。目前,很多理论与方法犹如耀眼的“流星”,飞逝而

过,难以推广应用。应该静下心来,系统回顾与筛选出一批实用可行,而又不雷同的理论方法加以完善,并作出强制性方法纳入规范体系中,使最近几十年来形成的理论与方法真正用于实践,全面提高地灾防治水平。

另一方面,我们的滑坡防治工程仍沿用老式落后技术。如现浇钢筋砼抗滑桩的断面和深度越来越大,预应力锚索长度越来越长,依据何在?不得而知。我国地灾防治积累了一大批工程经验,应该认真回访工程运行情况,总结勘察、设计和施工的成功经验,淘汰原始落后的方法和材料,形成一批有中国工程技术人员才智的工法和标准。

3 美国滑坡灾害减灾国家战略

联合国倡导的“国际减灾十年”(1990~2000年)活动已完成了它的使命。新世纪初减灾之路如何走,不仅对各国管理者,更对减灾科学家们提出挑战。为此,联合国在1999年7月国际减灾论坛中提出了《国际减灾战略》倡议,主题是“21世纪——更安全的世纪:减轻灾害和危险”。其目的是通过防御灾害战略与可持续发展活动的结合,提高社会对灾害的抗御能力,并将原来对灾害的简单防御变为对灾害风险的综合管理。《国际减灾战略》提出了4大主要目标:①提高全民的风险意识,使大家认识到自然灾害、技术灾害和环境灾害对社会的威胁;②使政府部门采取积极措施减轻对公共基础设施以及环境资源的风险;③鼓励公众参与减灾活动,通过提高参与程度和扩大各级减轻灾害风险网络,增强社会的抗灾能力;④减少由于灾害而引起的经济和社会损失,这种效益可反映出国内生产总值的增加。

美国地调局制定了滑坡减灾的国家战略,包括9个方面的任务。

3.1 滑坡过程和诱发机理研究

灾害识别是滑坡灾害减灾的基础,应加强新技术研究和应用,提高对滑坡过程临界值和诱发机制的认识,以及提高预测滑坡灾害的能力。

- 通过滑坡灾害过程临界值和诱发因素,以及滑坡灾害预测,制定实施计划;
- 建立地面变形和边坡破坏高级和更真实的科学模型,以预测滑坡灾害;
- 开发滑坡动力学预测系统,揭示滑坡灾害空间和时间上的关联变化。

3.2 滑坡灾害填图和评估

选定可供规划和决策者使用的比例尺开展滑坡易发区和类型填图。为了反映滑坡灾害中的诸多不确定性,正确采用概率法对滑坡灾害进行填图和评估。滑坡目录和易发区图是编制灾害概率图和进行风险评估的基础,美国多数地区还没有这些图件和数据。

- 制定并实施全国滑坡和其他地面破坏灾害填图和评估计划;
- 编制全国已知滑坡和其他地面破坏灾害目录;
- 制定并鼓励应用滑坡灾害图和评估标准及指南。

3.3 滑坡实时监测与预警

对可能带来灾害的活滑坡进行监测。目的在于,发出灾害预警,避免或减少损失,同时,通过对滑坡过程和诱发机制的新认识,支持滑坡研究。收集动力和运动性状数据,以检验滑坡速度模型,并用以预测其他滑坡。利用最先进的研究成果和远程通讯技术对活滑坡进行实时监测。

- 开发和应用国家滑坡灾害监测和预测能力;
- 开发具适当比例尺的实时监测和预测能力,以帮助联邦、州和地方对突发事件的管理,并圈定滑坡灾害风险区;
- 运用遥感技术,如合成孔径雷达和激光测高技术监测全国滑坡活动;
- 将最先进的技术,如微地震、降雨和孔隙水压力监测同边坡稳定水文模型和GPS结合起来;

——在全国重点地区，将实时监测能力同中国气象局的 NEXRAD 能力结合起来。

3.4 滑坡灾害损失评估

统计并评估滑坡灾害对经济的影响。虽然滑坡和其他自然灾害经常发生，但在美国很难查到完整数据。每逢发生滑坡或其他自然灾害之后，不同机构和组织都会提出灾情评估，但这些评估差异很大，统计的损失范围不同，而且随时间不同也会有变化。目前还没有一个被广泛接受的评估自然灾害，包括滑坡和其他地面滑动灾害损失的框架。由于缺乏这种信息，所以很难制定应对这些灾害的政策，也很难衡量决策的成本—效益以及减灾措施的效果。灾害损失数据对于帮助政府机构掌握趋势和查明滑坡减灾的进展，是十分需要的。

——评估全国滑坡及其他地面破坏损失的现有数据，包括公私财产、基础设施、自然和文化资源损失的类型和范围；

——建立并实施汇编、保护和评估全国滑坡及其他地面破坏灾害对经济和环境的影响数据的国家战略，帮助指导减灾工作和掌握减灾进展。

3.5 滑坡信息采集与发布

建立有效的滑坡减灾信息传播系统。采集滑坡灾害信息，并以易于制定计划和决策的形式向政府和大众传播，对实施有效的减灾计划十分重要。虽然滑坡灾害已经研究了几十年，但系统的收集和传播滑坡科技信息工作才刚刚起步。USGS 的国家滑坡信息中心是“原型”系统，可以充实和扩大全国收集、解释和传播滑坡灾害图和其他滑坡灾害科学和技术信息系统。

——评估并利用最先进的技术方法传播信息、科研成果和图件，实时预警潜在的滑坡活动；

——制定并实施系统收集、解释信息，并传播信息，使信息归档的国家战略。

3.6 滑坡减灾指导和培训

对科学家、工程师和决策者进行指导和培训。滑坡灾害学是科学研究和技术应用的结合，因此，对于指导和培训科学家和工程师们编制滑坡图和评估灾情十分必要。灾情评估包括对特定地理位置上的滑坡强度和频率的假定和计算。风险评估则包括对滑坡灾害的潜在实物和经济影响的假定。对规划人员和其他决策者进行指导和培训，通过他们教会用户恰当使用滑坡灾害图和评估灾情是十分重要的。

——制定并实施指导和培训科学家和岩土工程师计划，让他们利用滑坡灾害信息和其他技术信息对滑坡灾害填图和评估；

——制定并实施指导和培训科学家和岩土工程师应对滑坡灾害的计划，向他们提供应对和补救滑坡灾害工作所需的科学和技术信息；

——制定并实施指导和培训规划人员和决策者的计划，让他们利用滑坡灾害图、灾情评估结果和其他技术对减灾进行策划和准备。

3.7 群众减灾意识和教育

制定为用户提供信息和进行教育的计划。个人和社会为减少滑坡灾害给他们带来的危险，事前需要了解威胁的性质，对他们产生的潜在冲击，选择减少危险或冲击的方法，还要了解如何采取专门的减灾措施。让广大群众都有预防滑坡灾害意识，使社区和个人更好地作出在哪里生活、购买财产或兴办商业的有情报依据的决定。当地的决策者也将知道允许在何处盖房、兴办商业和安置关键设备才能减少滑坡灾害隐患。

以下措施将提高群众预防滑坡灾害的意识和针对当地需要促进全国预防和减少滑坡灾害的工作：

——制定提高群众防灾意识的培训和教育大纲（包括土地利用规划、设计和滑坡课程），滑坡灾害安全计划和减少社区风险计划；

——评估不同方法、信息和课程对当地的效果；

——向社区组织、大学和专业学会（协会）传播与滑坡灾害有关的课程和培训模式。

3.8 滑坡减灾措施的实施

一个成功的减少滑坡灾害损失的战略，还必须包括减灾部分。减灾行动一般落在州和地方政府、企业界和个人身上。地方一级的减灾措施包括一系列手段和方法。如制定土地利用规划，建立项目开发法规，进行工程控制，建立建筑条例，对地区进行评估，制定处理突发事件计划和发布预警，制定私人财政和保险奖惩制度以及其他方法。

——对阻碍有效规划和控制项目开发的因素进行评估，并确定消除这些因素的举措；

——为州和地方当选的和委任的官员制定教育计划，让他们清楚认识滑坡灾害的危险和损失，并鼓励他们制定法规和政策，支持有效的滑坡减灾活动；

——制定和宣传“原型”奖惩制度，鼓励政府机构、私营部门和学术界投入滑坡减灾活动；

——评估减灾工程和建筑方法，制定旨在改进这些方法而进行研究的国家计划。

——鼓励落实成功的减灾技术。

3.9 滑坡减灾应急预案和处置

尽管滑坡减灾工作有所改进，但灾难仍将发生。因此，各级政府、私营部门和广大群众，必须对滑坡造成的灾难有适当准备，并对此作出反应和补救。政府要制定更好的计划，处理滑坡突发事件。科学家、工程师和突发事件反应专业人员要在处理突发事件的实践中磨炼自己。负责灾后补救工作的公务员，则要了解选择哪些措施才能减少未来的滑坡损失。

4 我国地质灾害减灾战略建议

最近 20 年来，我国已形成了一支专门从事地质灾害调查、勘察、评估、设计、施工和监理的队伍，同时，建立了从中央到省、地、县的地灾行政主管体系，并延伸到乡、村，并会同综合与相关专业部门，有力地开展了地灾减灾工作。在突发性灾害应急处置方面取得了很好的经验，圆满地完成了多项重大地质灾害应急处置任务。在此，系统回顾我国 20 多年来的地灾减灾经验，结合国家社会发展需求，提出了 21 世纪初地灾减灾战略思路。

4.1 我国地质灾害减灾战略目标研究

根据国务院 1998 年发布的《中华人民共和国减灾规划 1998～2010 年》的原则和联合国大会关于国际减灾 10 年活动后续安排的决议中倡导的 21 世纪初实施国际减灾战略（ISDR）精神，21 世纪初我国地质灾害减灾战略目标应包括：

（1）掌握我国地质灾害分布状况，开展地灾风险区划，并作为国家减灾强制性标准加以实施。到 2010 年，建立起相对完善的地质灾害防治法规和技术标准体系，严格控制人为诱发地质灾害的发生；建立减灾科学体系，加强综合减灾能力建设。从对国家、区域、城市、乡村的承灾载体出发，依靠科技进步，建立并逐步完善地质灾害监测预报群专结合体系。

（2）提高崩滑流突发性地质灾害的监测预报水平，开展国家和省级气象—地质灾害预警，开展县级地质灾害预报；开展山区流域山洪地质灾害的监测预警。全面建成地面沉降等缓变地质灾害现代化监测控制网络，实施以控制地面沉降为目标的含水层修复工程。

（3）从法规和技术上保证减灾必须与建设同步进行。对 21 世纪全面实施的中国城市化进程与都市圈建设、中国西部大开发、中国小城镇建设、重大生命线工程等推动中华民族社会经济进程的关键战略分层次进行全面的综合减灾对策战略研究、减灾规划和减灾措施的实施等，保证 21 世纪真正成为一个安全少灾的新世纪。

（4）全面提高我国地质灾害减灾应急快速反应能力，建立综合型救援专家技术型队伍，加大地质灾害应急处置技术指导的力度。提高民众防灾自护文化意识及技能，为减灾教育保证足够的媒体及园地。

(5) 通过综合减灾, 使我国地质灾害的发生率和损失量有明显降低。到 2020 年人员伤亡减少 70%, 即由现今每年死亡 1000 人以上, 降低到 300 人以下; 预期灾害发生率和损失量减少 50%, 即由现在的 100 亿元以上减少到 50 亿元以下。

4.2 建立群专结合的地质灾害预警系统

(1) 2005 年, 完成全国 700 座受地质灾害威胁严重的县(市)的地质灾害调查、区划工作。加强区域性地质灾害分布规律研究, 提高地质灾害的中期和短期预报水平。基本建成全国性群专结合的地质灾害监测预报网络和数据库系统。2010 年开展重点地区大中比例尺地质灾害风险区划, 2020 年前完成全国范围内大中比例尺地质灾害风险区划图, 并作为地灾减灾强制性技术标准加以实施。

(2) 2010 年前, 在进一步完善群测群防网络的同时, 重点加强站网式监测体系建设, 利用高新技术, 提高自动化水平, 加强监测数据的实时采集、自动分析、自动预警和预报示范区建设。2020 年前, 在重点地区实现地质灾害实时监测预警。加快三峡库区地质灾害预警系统的建设, 避免 135m 水库蓄水后突发新灾害。对 2009 年后 175m 高程水位运行期间库区灾害进行系统监控。

(3) 加强“西部大开发”和山区城镇建设中崩滑流灾害防治。西部地区是我国生态地质环境脆弱区。随着西部大开发战略实施, 人类工程活动力度将大大增加, 不可避免地会诱发更多的崩滑流灾害。

(4) 2005 年初步建成东部缓变地质灾害严重区 GPS 监测网络, 对长江三角洲、华北平原、汾渭盆地等地面沉降和地裂缝严重区进行全面监控。2010 年建成以 GPS、基岩标、分层标相结合的全国缓变地质灾害立体监测网络。2020 年前, 要求在长江三角洲等重点地区开展以控制地面沉降为目标的含水层修复工程。

4.3 依靠科技全面提高我国地质灾害综合减灾能力

4.3.1 建立系统完整的地质灾害调查识别技术

全国地质灾害分布状况与危害程度尚未完全查清, 对地质灾害发生时间、空间、地点的了解较为缺乏。缺少一套快速调查和评价的高新技术方法。高效而可靠的综合评价、监测、预测、治理的科技和工程体系尚未形成。我国地质灾害的快速调查识别技术, 如高精度的遥感图像及其识别技术, 推广应用较少。因此, 加强地质灾害调查识别高新技术的开发与推广, 是当前急需解决的任务。

4.3.2 建立标准化的地质灾害风险评估方法

地质灾害的评估体系较为落后, 导致“虚报”、“误报”、“炒作”非常普遍, 严重妨碍了对灾害的正确认识和减灾决策。灾害评估体系涉及对灾害体的稳定性分析、受灾范围、承灾对象、社会环境因素等。应该加快地灾综合评估方法体系的研究与应用, 通过法规的形式推荐适用的方法。开展大比例尺的地质灾害风险评估示范。

4.3.3 推广适用经济的监测和防灾新技术新方法

地质灾害监测和防治技术方法落后、效率低、精度差, 工厂批量生产能力低, 质量难以保证。缺乏快速简便的适应复杂条件的自动化数据采集、存储、分析预警现代设备。分析预报、设计软件智能化程度差, 几乎没有集成。目前地质灾害的监测技术, 大多还依靠精度低、效率低、成本高的常规手段, 对近年来发展起来的自动化程度高、精度高、相对成本小的新技术、新方法, 如高精度全球定位系统(GPS)、高精度综合干涉孔径雷达遥感(InSAR)以及激光监测技术等的推广应用不够。同时, 目前对工程造价低、施工简便、抗灾和防灾效果好、可靠性高的新技术、新方法的研究不够, 使得绝大部分地质灾害防抗灾工程无法实施。

4.3.4 地质灾害减灾信息共享服务系统建设

各部门通力合作, 信息共享, 实现综合减灾。完善和补充现有各单类灾害数据库, 建设和