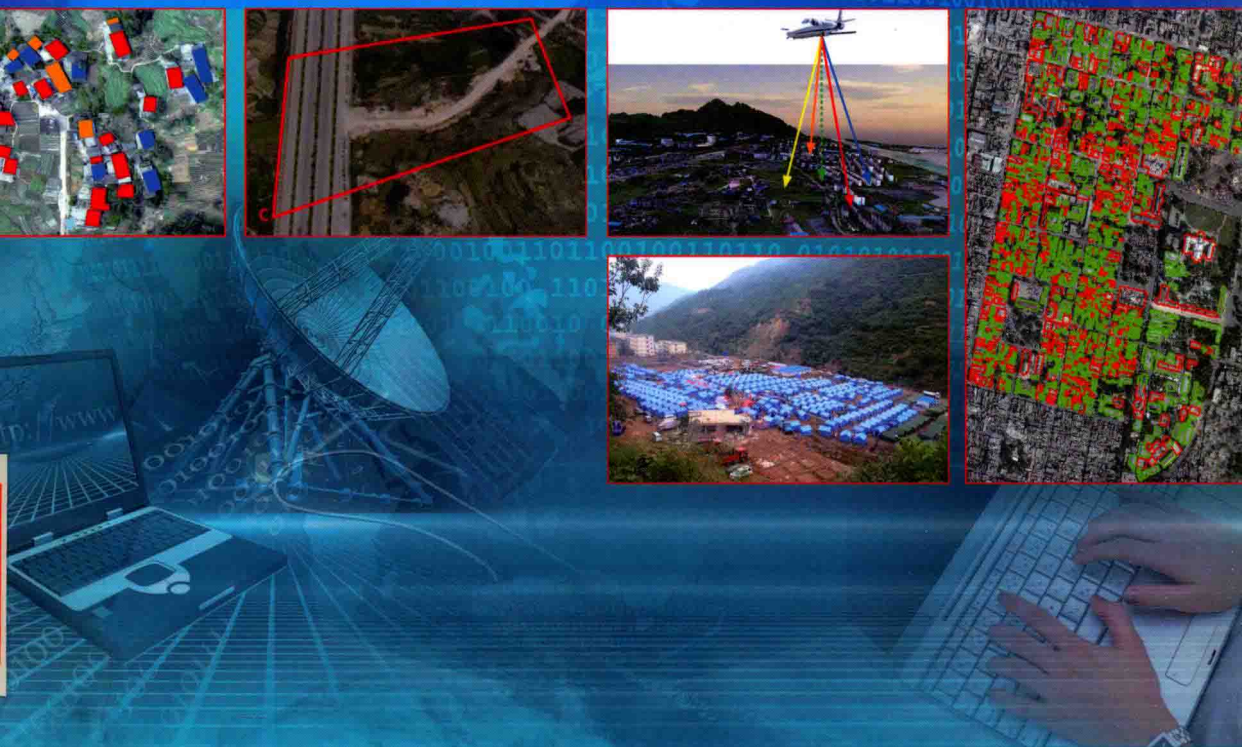


典型地质灾害遥感监测评估 技术与实践

范一大 杜志强 王 薇 等 著
秦其明 林月冠 何美章



 科学出版社

典型地质灾害遥感监测评估 技术与实践

范一大 杜志强 王 薇 等 著
秦其明 林月冠 何美章



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以典型地质灾害遥感监测与评估这一命题为主线展开,介绍我国典型地质灾害的现状和成因,分析利用遥感手段开展监测评估的研究现状和趋势;综述利用高空间分辨率光学、激光雷达和倾斜摄影测量等多维度、多角度遥感数据开展房屋、道路等重要承灾体的损毁实物量评估技术;围绕典型地质灾害遥感监测评估业务系统构建,基于介绍 SOA 的体系架构、多源海量数据库架构和协同研判技术;通过重大灾害案例分析,对利用遥感手段开展典型地震地质灾害监测评估相关技术进行了总结和应用展望。

本书可供防灾、减灾和救灾相关业务的科研人员和管理人员参考,也可作为广大读者提高防灾、减灾知识的基础读物。

图书在版编目(CIP)数据

典型地质灾害遥感监测评估技术与实践/范一大等著. —北京:科学出版社,2017.3

ISBN 978-7-03-047872-6

I. ①典… II. ①范… III. ①遥感技术-应用-地质-自然灾害-监测 IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 058945 号

责任编辑:彭胜潮 赵 晶 / 责任校对:张小霞

责任印制:肖 兴 / 封面设计:黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年3月第一次印刷 印张:15

字数:341 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

我国自然灾害易发频发,灾害损失仍很巨大,地震、滑坡、崩塌和泥石流等灾害是造成人员伤亡和财产损失的主要灾种,也是当前我国灾害风险管理中亟待处置的薄弱环节。截至目前,受国务院委托,由国家减灾委员会专家委员会组织开展的六次特别重大自然灾害损失综合评估都是地震和地质灾害。严峻的自然灾害已经成为沉重的经济和社会负担,为小康社会建设和民生改善带来了巨大的附加成本,全面提高国家综合防灾减灾能力是发展中应优先考虑的重点工作。

随着空间信息技术的快速发展,特别是国家重大科技专项“高分辨率对地观测系统”和《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015~2025年)》的实施,为我国灾害遥感事业发展提供了良好的机遇,也为包括地震地质灾害在内的各类自然灾害监测评估体系建设和完善提供了契机。本书的研究成果和应用实践再一次证明,空间信息技术在典型地质灾害的监测与评估中具有独特的优势,灾害遥感需要获取及时、充足和持续的各类遥感数据资源,需要在第一时间开展实时分析、准确判断和产品服务,为灾害风险管理和抢险救灾提供有效决策支持。因此,在传统手段基础上充分利用遥感技术最新成果,开展典型地质灾害等自然灾害监测评估研究,形成与我国经济社会发展和技术进步相匹配的减灾和应急业务与服务能力,对于提升遥感技术应用效益有着重大意义。

近年来,遥感技术的新发展为典型地质灾害研究和应用提供了新的特征参数和测量手段,但多源异构高分辨率遥感数据的协同应用、融合应用、综合应用和高时效灾情数据快速获取、实时处理、精确评估等问题,是制约灾害遥感科技进步和业务化、产业化的主要难题。为了有所突破,需要在多源、空间、光谱、时间分辨率统一的框架下,在空天地一体化对地观测传感网环境下,合理利用、快速规划、高效调度现有对地观测资源,开展融合多源海量遥感数据的灾害协同监测和应急处理关键技术研究。从遥感成像机理出发,对关键评估模型与参数进行设计与反演,开展灾后建构筑物、桥梁、道路等基础设施损失特征量化研究,深入探索地质灾害的发生机理和监测技术,提高典型地质灾害监测评估的时效性、有效性和准确性,发挥遥感技术在地质灾害监测、预警和评估中的优势。

该书作者直接参与近年来多次重大地震、地质灾害的遥感评估、现场评估和综合评估工作,致力于将遥感手段与其他各类手段相结合,提升国家重大自然灾害的监测和评估能力,本书是他所在的研究团队在国家“863计划”支持下所取得的最新成果。该书紧密结合重大地震地质监测评估业务化需求,充分利用高分辨率、多维度、多角度遥感数据和现场调查、统计上报、基础地理等多种数据资源,以灾害损失实物量评估为重

点，以高速网络环境的多维时空数据集成和协同研判为支撑，开展关键技术研究，构建天地协同技术体系，统一数据和软件标准规范，集成应用示范系统，先后在北川地震遗址公园、矿山灾害、芦山地震、鲁甸地震和尼泊尔地震中开展实验验证与应用示范，取得了大量研究成果和应用经验，大大提高了重大地震地质灾害定性、定量、定位监测评估和产品服务能力，典型地质灾害监测评估的时效性和准确性显著提高，灾害应急、灾害救助和恢复重建服务等业务的针对性显著提高。

该书内容与重大地震、地质灾害管理实际工作结合紧密，同时借鉴了国内外对地观测和灾害管理理论的成功经验，理论性和实践性较强，具有很好的参考价值。希望该书的出版能够为灾害遥感乃至遥感技术在其他领域的应用起到推动作用，也期盼读者对该书中存在的不足提出宝贵意见。



2016 年 1 月 10 日

前 言

自然灾害孕育发展受到构造系统、气候系统和海洋系统的控制，与地球各圈层运动和能量过程有密切关系，是自然界能量积累到释放的过程。我国地质构造复杂，对地表破坏强度较大的浅源地震频发，大陆地势呈阶梯状，地貌类型复杂多样，山区面积比例高，地质灾害发生频率高。在气候变化背景下，加之三峡、高铁、南水北调等重大工程建设，以及不合理的资源开发和人类活动，导致地震灾害损失严重，地质灾害常发易发。

典型地质灾害具有突发、随机和难以预见的突出特点，近年来，在各类自然灾害损失总量中占比居高不下，严重影响了民生改善和小康社会建设进程，同时也为自然灾害风险管理带来了挑战。灾害是风险未得到管理的体现，不能有效应对和减轻典型地质灾害风险，就无法实现可持续发展。遥感技术的发展及其新型高性能载荷和应用技术的不断成熟，为灾害风险管理策略实施和灾害损失综合评估提供了一套新的解决方案和有效途径，尤其在地震和地质灾害的监测评估中正在发挥着独特的优势，取得了大量的研究成果和成功案例，正在沿着标准化、规范化和业务化的方向发展。

一幅图像胜过千言万语，唯有图像的方式才能赋予领导者敏锐的洞察力。以遥感数据为代表的空间信息是更透彻感知和认识自然灾害的重要手段，遥感技术正朝着更高空间分辨率、更高时间分辨率和更高光谱分辨率的方向努力，多平台、多传感器、多尺度和多角度观测能力提升，为灾害遥感提供了丰富可靠的数据资源，激光雷达、倾斜摄影和视频监视等新型遥感技术形成多维度、多角度灾害信息获取能力，为全方位、全要素、全过程分析建模和全息再现灾害系统提供了新的支撑。同时，遥感技术与云计算、大数据、互联网+等新技术、新理念融合应用，具有广阔的发展空间，将会使灾害及其风险管理的各类资源更充分利用、更高水平分析服务和更广泛社会参与的新的业务模式，使得每个参与者都可以成为信息的获取者、分析者和发布者，通过协同和共享开展灾害风险和损失的监测评估工作。就典型地质灾害监测评估而言，如何充分利用遥感等新技术和新理念，实现天地协同和定性、定量、定位相结合的精细评估和精准服务，开展遥感数据深度应用和规模化应用，成为创新管理、提升能力、扩大应用和优化服务的重要研究方向。

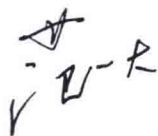
国家非常重视地质灾害成因、监测、风险和灾情评估的基础研究和应用研究，“十二五”期间，地质灾害类的“973”项目、科技支撑计划、“863”计划、行业公益专项等立项项目近40个，开展了灾变机理、孕灾环境、监测预警、风险评估、灾情评估和灾害防治等方面的研究。在科技部“863”计划的支持下，面向国家减灾救灾重大需求，设立了“典型地质灾害遥感监测与应急关键技术及应用”项目，开展了天-空-地一体化协同观测与应急快速处理技术、大型滑坡体遥感监测与预警、重大工程地质灾害快速监

测与评估、震害遥感综合评估技术与示范应用和灾害应急综合管理与应用系统等专题研究,突破了多源海量遥感数据快速处理、地质灾害监测预警和灾害损失实物量评估等一系列关键技术,建立了相应技术标准、应用规范和应急资源调度机制,形成了典型地质灾害应急综合管理与应用系统,依托民政部国家减灾中心和国家地震局地壳应力研究所,围绕重大自然灾害和重大工程等开展了实验验证和应用示范,达到了预期的效果。

本书基于“863”项目成果,在系统分析国内外研究进展基础上,针对高分辨率遥感、激光雷达、倾斜摄影测量等新型遥感技术,重点就典型地质灾害遥感监测评估关键技术研究、应用系统研制、灾害案例分析和未来发展展望等方面进行梳理和总结。全书共7章,第1章导论,介绍我国典型地质灾害的现状和成因,分析了利用遥感手段开展监测评估的研究现状和趋势,介绍项目的目标、需求分析和总体设计,由范一大、林月冠、王薇、王平撰写;第2章介绍基于灾害目标特征库的高空间分辨率光学遥感数据道路、房屋损毁评估的技术,由秦其明、王俊、王薇、温奇、叶昕、王建华等撰写;第3章围绕激光雷达遥感监测评估,介绍激光雷达技术基本原理,提出利用LiDAR数据三维几何特性的房屋道路损毁评估技术,由杜志强、何美章、黄敏儿、林月冠、何锐等撰写;第4章介绍倾斜摄影测量技术房屋损毁评估方法,由杜志强、秦雪彬、王薇、林月冠、黄敏儿、王俊、何锐、杨绣丞、王俊等撰写;第5章围绕典型地质灾害遥感应用系统建设,介绍多源异构数据集成管理、多维时空数据高性能自适应可视化和灾情信息协同研判等技术,由杜志强、何美章、林月冠、王薇、李苓苓、黄敏儿、何锐等撰写;第6章围绕重大自然灾害案例,结合研究成果和系统开展应用示范和演示验证,由王薇、林月冠、温奇、范一大、李苓苓、汤童、王平、王志强、麻楠楠撰写;第7章进行总结和展望,由范一大撰写。王薇、林月冠、杜志强负责全书图文校对,范一大负责全书统筹和定稿。

在项目研究过程中,还得到卢乃锰、万幼川、李增元、李传荣、江碧涛、唐新明、吴炳方、唐文周、张松梅等专家学者的指点。在项目实施过程中,各个课题的负责人和技术骨干积极配合、协同创新,为集聚共识、提升成果应用价值发挥了重要作用,参研单位包括民政部国家减灾中心、武汉大学、北京大学、中南大学、同济大学、中国地质大学(武汉)、中国地震局地壳应力研究所以及中国科学院成都山地灾害与环境研究所、北京师范大学、电子科技大学、中国地震台网中心、中国地质大学(北京)、清华大学、核工业北京地质研究院、中国科学院电子学研究所、防灾科技学院等,主要参研人员还包括朱建军、周晓光、张云生、童小华、牛瑞卿、彭军还、赵红蕊、张景发、龚丽霞等,对他们的努力和付出表示感谢。

灾害遥感路还很长,新的需求和新的技术会相伴而生,对自然灾害的认识随社会发展和新风险出现不断深入。希望本书能够在地震、地质等自然灾害遥感监测评估相关研究和业务化建设中能够起到借鉴作用,书中一定有许多问题,希望同行专家和读者扬弃。



2016年2月于北京

目 录

序	
前言	
第 1 章 导论	1
1.1 我国典型地质灾害的现状和成因	1
1.1.1 现状	1
1.1.2 成因	3
1.2 研究目标 and 需求分析	6
1.2.1 研究目标	6
1.2.2 研究意义	8
1.2.3 技术需求	10
1.3 研究现状和发展趋势	11
1.3.1 国内外遥感载荷发展现状与趋势	11
1.3.2 高分辨率灾害遥感研究现状和趋势	14
1.3.3 激光雷达灾害遥感研究现状与趋势	16
1.3.4 倾斜摄影测量灾害遥感研究现状与趋势	18
1.3.5 灾害遥感业务发展现状与趋势	20
1.3.6 机遇与挑战	22
1.4 研究开发顶层设计	24
1.4.1 设计过程与方法	24
1.4.2 关键技术设计	26
1.4.3 系统设计	27
1.4.4 应用示范设计	29
第 2 章 高分辨率光学遥感监测评估技术	31
2.1 灾害目标特征库构建技术	31
2.1.1 原理和方法	31
2.1.2 灾害目标特征提取	32
2.1.3 目标特征定量化描述	35
2.1.4 遥感图像典型地物目标特征分析	38
2.1.5 灾害目标特征库构建	44
2.2 基于高分辨率遥感数据的道路损毁评估	53
2.2.1 原理和方法	53
2.2.2 灾前道路双边线提取方法	53

2.2.3 基于区域特征的灾后道路识别方法	64
2.2.4 道路损毁检测精度评价研究	69
2.3 基于高分辨率遥感影像的房屋损毁评估	71
2.3.1 原理和方法	71
2.3.2 改进多尺度分水岭分割技术	72
2.3.3 模糊规则集分类技术	82
2.3.4 遥感与 GIS 结合检测技术	87
第3章 激光雷达遥感监测评估技术	94
3.1 研究方案与技术路线	94
3.1.1 研究方案	94
3.1.2 技术路线	95
3.2 基于激光雷达点云数据的房屋损毁评估	96
3.2.1 原理和方法	96
3.2.2 等高线簇检测技术	98
3.3 基于激光雷达点云数据的道路损毁评估	102
3.3.1 原理和方法	102
3.3.2 激光雷达道路损毁评估技术	103
3.4 实验与分析	107
3.4.1 房屋损毁检测实验	107
3.4.2 精度分析	113
第4章 倾斜摄影测量建筑物损毁检测方法研究	116
4.1 研究内容和技术路线	116
4.1.1 数据获取与处理	116
4.1.2 原理和方法	119
4.2 基于倾斜摄影测量的建筑物损毁评估	120
4.2.1 基于倾斜摄影测量的房屋立面提取	120
4.2.2 基于房屋立面影像的倾斜房屋几何特征提取	130
4.2.3 基于房屋立面影像的房屋裂缝提取	142
4.3 倾斜摄影数据的管理和可视化	150
4.3.1 倾斜摄影海量数据处理面临的管理问题	150
4.3.2 影像所涵盖的地面范围计算	151
4.3.3 基于空间几何关系的目标检索	152
第5章 典型地质灾害遥感监测评估系统	155
5.1 系统集成关键技术	155
5.1.1 基于中间件的多源异构数据库统一接口技术	155
5.1.2 多维时空数据的高性能自适应可视化技术	158
5.1.3 面向高速网络环境的灾情协同研判技术	161
5.2 系统设计	162

5.2.1 体系架构	162
5.2.2 功能组成	165
5.2.3 数据库	170
第6章 重特大自然灾害应用示范	175
6.1 应用示范设计	175
6.1.1 特别重大自然灾害损失评估过程与方法	175
6.1.2 灾害评估业务流程与应用示范方案	177
6.2 应用示范案例	180
6.2.1 北川地震遗址公园联合实验	180
6.2.2 矿山灾害遥感监测评估	189
6.2.3 芦山地震遥感监测评估	192
6.2.4 鲁甸地震遥感监测评估	198
6.2.5 尼泊尔地震西藏灾区遥感监测评估	208
第7章 结论与展望	213
7.1 结论	213
7.2 展望	215
7.2.1 灾害遥感重点研究方向探讨	215
7.2.2 灾害遥感产品标准化设计	217
7.2.3 灾害遥感国际合作战略	218
7.2.4 灾害遥感的未来挑战	220
参考文献	224

第 1 章 导 论

本书所指典型地质灾害包括地震灾害和滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害，它们的诱发原因主要受控于地壳下部和表层的运动与变化且相互作用，地震灾害的次生灾害主要表现为滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害，台风、暴雨、洪涝等自然灾害也极易引发地质灾害。地震地质灾害突发性强、发生频率高、预测难度大，造成的人员伤亡和财产损失在灾情数据中占有相当大的比重，尤其是人员伤亡数字近些年居高不下，是制约我国公共安全和民生改善的主要原因，也是我们需要重点研究的原因之一。遥感技术的快速发展并在防灾减灾领域应用不断深入，在地震地质灾害的监测与评估中具有独特的优势，已经取得了大量的研究成果和应用经验，因此有必要继承前人的研究成果，着眼于遥感技术的新进展和新型遥感载荷的应用，面向自然灾害监测评估业务化应用水平提升，开展针对性、系统性的研究与应用示范，一定对提升防灾减灾能力大有裨益，这也是我们开展这项研究的原因之二。

1.1 我国典型地质灾害的现状和成因

1.1.1 现 状

我国是世界上自然灾害种类最多、发生频率最高、影响范围最广、灾害损失最重的少数国家之一，这与我们已经跃居成为全球第二大经济体的地位极不相称。美国、日本和欧洲等发达国家，凡遇大灾往往是相对较小的损害，防灾减灾能力强；我国往往小灾会酿制大害，防灾减灾薄弱环节多。仅以 2014 年 8 月 3 日发生在我国云南鲁甸的地震为例，地震震级不过为里氏 6.5 级，却造成了 617 人遇难、112 人失踪和近 200 亿元的直接经济损失。恰恰说明我国的社会经济发展极不平衡，仍处于社会主义初级阶段，仍然是发展中国家，与经济社会发展相匹配的全社会防灾减灾能力实质性提升还有很长的路要走。

区别于因大气圈活动引起的气象灾害、水圈活动引起的海洋灾害、生物圈活动引起的生物灾害以及天文灾害(空间灾害)等，地震和地质灾害主要是指由地球表层岩石圈活动引起的自然灾害，可统称为地灾或地质灾害。地震是由地壳下部的活动引起的，地质灾害是由地壳表层的活动引起的。地质灾害种类很多，如崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷、煤层自燃、岩土膨胀、砂土液化、土地冻融、水土流失、土地沙漠化及沼泽化、土壤盐碱化，以及地震、火山、地热害等(国家科委全国重大自然灾害综合研究组，1994)。

从发生的频率和造成人员伤亡与财产损失的严重程度来看，地震、崩塌、滑坡和泥

石流等典型地质灾害在我国灾情统计数据中占有突出的位置，也是本书的研究重点。全球地震灾害主要集中在两个地带：一个是环太平洋地带；另一个是从西太平洋开始，向西经过印度尼西亚、中国、中东直到地中海的喜马拉雅-地中海地震带，尽管中国不是世界上地震最多的国家，但是世界上地震灾害最严重的国家(陈颙和史培军，2007)。全世界几乎所有的国家，都不同程度受到崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的影响，我国地质灾害发生较为频繁、损失十分严重，滑坡和泥石流主要分布在山区和较软弱或风化严重的岩石地带，主要集中分布在我国青藏高原及其周边地区和东部山区、低山丘陵和平原的过渡带，地震和暴雨往往会引发崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害。

总体来看，我国大陆东部地震活动比西部弱，地质灾害的危害与其也有较大的相关关系，分布特点是西部地区多于东部地区，南部地区多于北部地区，其中西南地区是地质灾害分布最集中、发生频率最高的地区。地质灾害主要危及人身安全，阻断交通运输通道，破坏水利设施，危害山区城镇，破坏采矿区域和施工工程，破坏耕地和植被覆盖(丁一汇等，2014)。表 1.1 给出了我国“十一五”期间区域自然灾害损失占全国的比例数据(范一大，2014)，在 8 项统计指标中，西南地区在受灾人口、死亡人口、农作物绝收面积、倒塌房屋、损坏房屋、直接经济损失 6 项指标位于榜首，紧急转移人口指标位于次席，农作物受灾面积排名第五，这与该地区地震、地质灾害发生频繁有直接关系，其他 6 个地区各项指标的损失比例中，地质灾害也有相应的贡献率。2008 年以来的 6 场特别重大自然灾害中，除了 2008 年发生的南方低温雨雪冰冻灾害属于气象灾害外，其余 5 场，即 2008 年四川汶川地震、2010 年青海玉树地震、2011 年甘肃舟曲特大山洪泥石流、2012 年四川芦山地震、2014 年云南鲁甸地震，均为地震地质灾害。

表 1.1 “十一五”期间区域自然灾害损失占全国比例

区域	受灾人口 /%	死亡人口 /%	紧急转移 人口/%	农作物受灾 面积/%	农作物绝收 面积/%	倒塌房屋 /%	损坏房屋 /%	直接经济 损失/%
华东地区	22.3	2.1	30.3	17.5	14.7	10.0	13.2	16.2
华南地区	10.4	1.2	17.7	6.5	4.4	5.6	3.9	7.0
华中地区	17.4	1.8	13.5	16.8	13.7	9.4	9.2	9.0
华北地区	9.8	0.5	0.3	16.5	21.8	1.0	1.8	7.0
西北地区	10.1	6.3	7.2	11.8	11.7	18.8	9.9	10.3
西南地区	24.3	87.8	27.2	14.0	17.2	52.6	59	42.8
东北地区	5.7	0.3	3.8	16.9	16.5	2.6	3.0	7.7

典型地质灾害的突出特点是突发性、随机性、难以预见性，以及共生性和伴生性，尽管自然灾害本身有其形成机制和发展规律。地震是最具威胁力的灾害，具有重复性特点，从发育角度看主要重复发生于地震带上，一次地震后又往往伴随有大量余震，以汶川地震为例，震后 20 天内发生 6.0 级以上余震 4 次，5.0~5.9 级 31 次，4.0~4.9 级 222 次，大大加重了灾害损失(图 1.1)。汶川地震也引发了大范围的崩塌、滑坡、泥石流、堰塞湖等地质灾害发生(图 1.2 和图 1.3)，形成地震灾害链，进一步扩大了灾情。滑

坡、泥石流等灾害是发生频率最高的灾害，具有群发性、周期性特点，泥石流灾害与崩塌、滑坡、洪水在一个地区往往同时发生，具有共同的最主要的发生条件；滑坡为块体运动，泥石流为固液混合流，尽管两者具有不同的运动方式，但有时滑坡、泥石流相伴而生，滑坡可迅速转化为泥石流灾害(刘传正等，2009)。

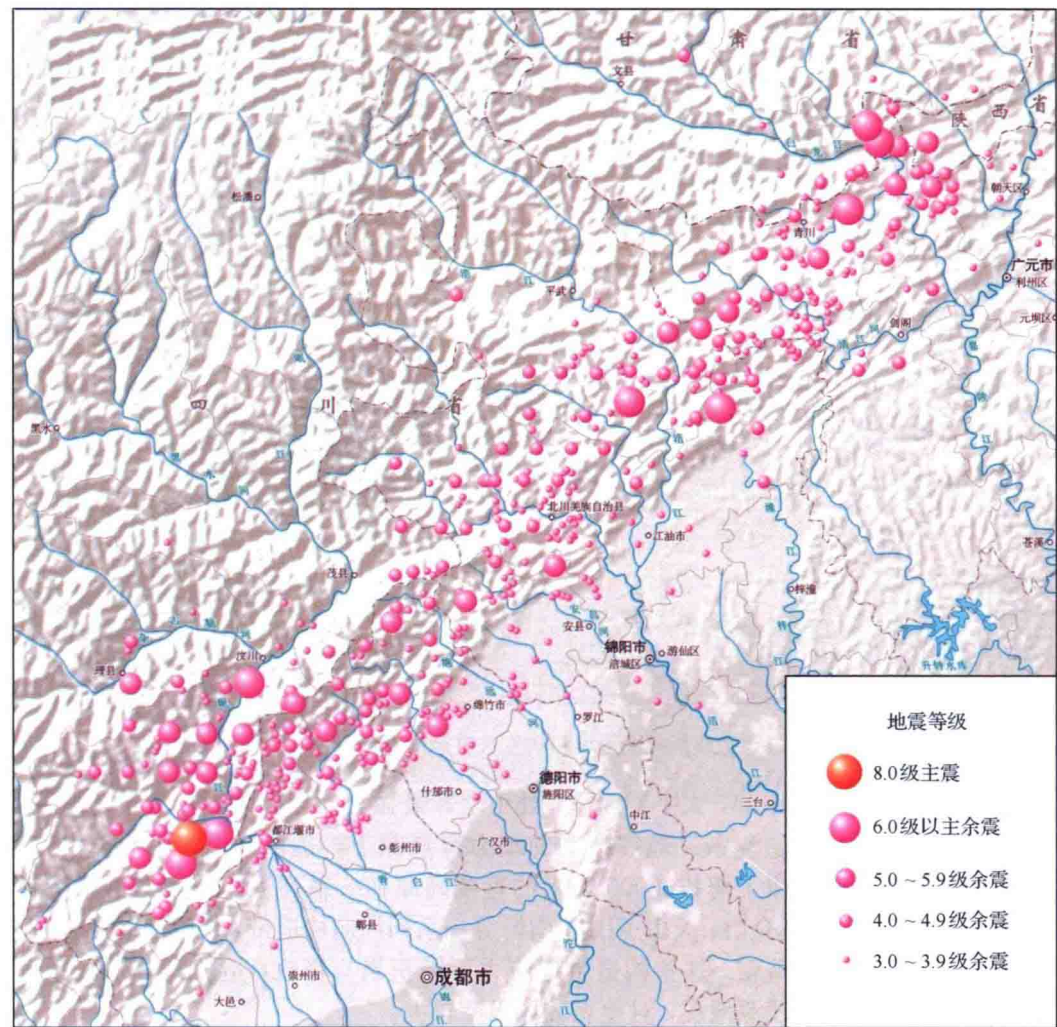


图 1.1 汶川地震及其余震分布(邹铭等，2012)

1.1.2 成因

自然灾害发生发展受到构造系统、气候系统和海洋系统的控制，与地球各圈层运动和能量过程有密切关系，是自然界能量积累到释放的过程。地球系统活动中地球内部的热提供了地震和火山的能量，来自太阳的能量导致了台风灾害的产生，重力是产生泥石流和滑坡的主要原因(陈颙和史培军，2007)。

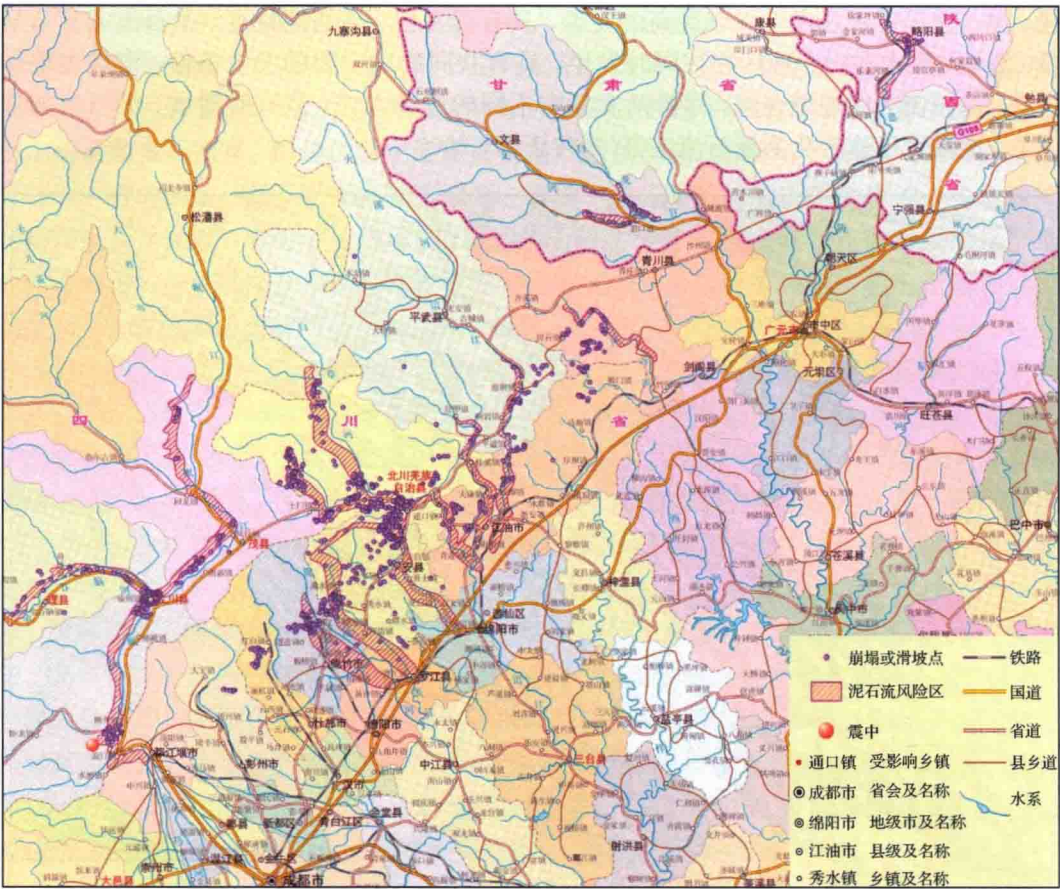


图 1.2 汶川地震崩塌、滑坡和次生灾害风险分析(邹铭等, 2012)

我国位于欧亚大陆东部，太平洋西岸，处于全球最强大的环太平洋构造带与欧亚构造带相交地带，地质构造复杂。地震活动的动力背景源于构造活动，加之地球自转运动，在我国西南地区形成了海拔 4 000 多米的青藏高原和一系列近东西走向的构造带，大陆内部形成了秦岭-昆仑山、天山-阴山、南岭等一系列纬向构造带，川滇南北向构造带和其他北东、北西向构造带，这些构造带地应力不断积累与释放，造成我国地震频发。同时，我国地震大都为浅源地震，对地表破坏强度较大。

我国大陆地势西高东低，呈阶梯状逐步将大陆和太平洋大洋盆地连接起来，全国按地势高低共分为三级阶梯，地貌类型复杂多样，平原、高原、山地、丘陵、盆地齐备。其中，山地占总面积的 33%，高原占 26%，盆地占 19%，平原占 12%，丘陵占 10%。如果将高山、中山、低山、丘陵和崎岖不平的高原都包括在内，我国山区的面积占全国土地总面积为 2/3 以上(秦大河, 2012)。构造活动使我国大部分山脉都在继续隆起，伴以我国境内众多河流下切作用，坡度不断加大，这是我国山区地质灾害发生频率高、影响范围广、人员伤亡大和经济损失重的重要原因。特别是在第一阶梯与第二阶梯相接地带和第二阶梯与第三阶梯相接地带，地形梯度最大、地势陡峭、山高沟深、地表稳定性差，地质灾害尤为严重。

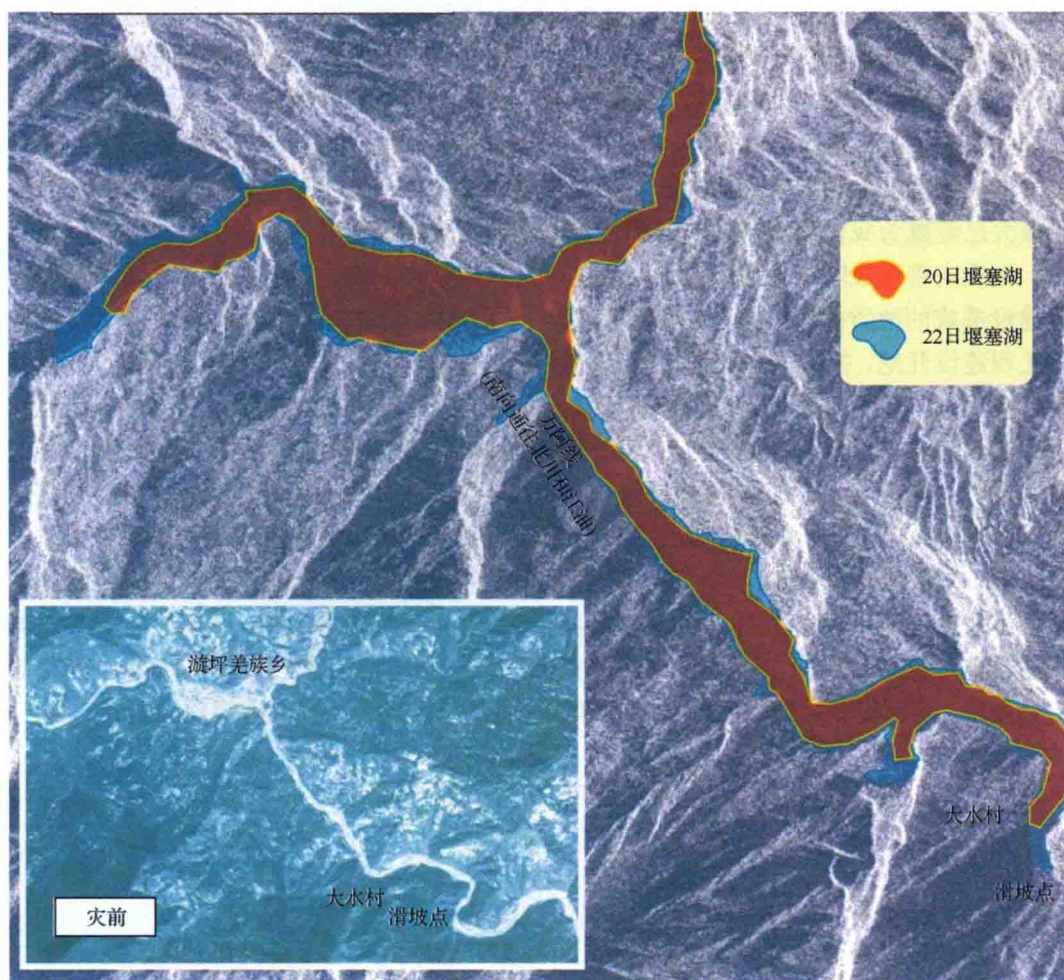


图 1.3 唐家山堰塞湖遥感监测(邹铭等, 2012)

我国自然环境多山的特征决定了我国土地资源匮乏, 人均土地面积和耕地面积少, 水土资源分布不平衡且利用粗放, 农村地区、贫困地区、生态脆弱区人口增长相对较快, 导致人类居住范围扩大, 资源、环境和生态压力加剧。同时, 中国正处于经济快速发展阶段, 城镇化进程加快, 并不断向县、乡、村延伸覆盖, 人地矛盾和资源承载力的制约, 建设发展规划布局中灾害风险评估的缺失, 甚至“不得已为之”的情况在一些地区较为普遍, 大量人口及相关生产生活资料分布在地质条件较差的灾害易发区、多发区和高风险区, 近些年来, 由此引发的滑坡、泥石流、山洪灾害呈高发态势, 使灾害造成的人员伤亡增大, 这些地区的各级政府和基层群众不得不面临着维系生计、发展经济、消除贫困和防灾减灾的多重压力。

地质灾害除了本身具有的形成机制外, 地震灾害在引发地质灾害的同时, 会形成地质灾害隐患点, 地质灾害风险加大; 如遇重大或者特别重大地震灾害, 导致“山河破碎”, 地质灾害隐患点在大范围内会显著增加, 在较长一段时间内地质灾害危险度处于高风险

状态,一旦具备促发条件就会成灾。全球气候变化对中国自然生态系统和经济社会发展带来了现实的威胁,气候变化和防灾减灾问题叠加,地质灾害频发的我国青藏高原和西南地区是未来气候变化的脆弱区,极易受到气候变化的不利影响,极端气候事件引发的极端强降雨,以及相应的灾害链、灾害群的概率增加,其中,滑坡、崩塌、泥石流、山洪等地质灾害恰恰是组成这些灾害链(群)的多发灾种和致灾的主要原因,可见减轻地质灾害损失已经成为我国发展中适应气候变化的现实需要和紧迫任务。

地质灾害形成除了自然因素外,还包括人为因素。三峡、高铁、南水北调等重大工程建设造成的地质破坏,发展山区经济过程中的修路、架桥、依山建房、扩建城市、采伐等工程建设开挖,打破了地质环境原有的稳定和平衡,若不及时进行科学治理,极易诱发地质灾害,近些年来在赴灾区考察灾情工作中,发现人为因素是导致和放大山地地质灾害的重要原因。值得一提的是,2015年12月20日发生在深圳光明新区渣土受纳场的特别重大滑坡事故,导致33栋建筑物被淹没或不同程度损坏,附近西气东输管道发生爆炸;截至12月25日,共有75人失联,导致滑坡事故的垮塌体为人工堆土,原有山体没有滑动,国务院调查组认定,不属于自然地质灾害,是一起生产安全事故,即说明这场灾害不是天灾而是人祸。因此,充分利用传统手段和高新技术成果,开展地质灾害监测评估研究,客观、准确、形象、生动还原灾害情景,确保监测评估结果符合实际,经得起历史考验,不断提升地质灾害综合管理和应急能力,已成为国家灾害管理的当务之急。

1.2 研究目标 and 需求分析

1.2.1 研究目标

国家非常重视地质灾害成因、监测、风险和灾情评估的基础研究和应用研究,“十二五”期间,地质灾害类的973、科技支撑、行业公益专项等项目近40个,开展了灾变机理、孕灾环境、监测预警、风险评估、灾情评估和灾害防治等方面的研究,基于如何利用天空地一体化手段开展典型地质灾害的监测与评估,设立了本研究项目。本项研究计划在科技部导航与遥感领域先进遥感技术主题项目的支撑下开展,项目的总体目标是围绕国家减灾救灾实际需求,面向典型地质灾害的快速任务规划、高效数据处理、遥感监测预警、灾情评估和救灾方案快速制定,突破典型地质灾害遥感监测与应急关键技术,集成转化技术成果,研发灾害应急综合管理与应用系统,建立灾害监测评估技术体系、业务运行机制和标准规范,围绕重大典型地质灾害遥感开展综合试验和示范应用,显著提高我国综合防灾减灾能力。

项目的研究内容和技术路线如图1.4所示。在项目执行过程中,关键技术突破包括:多源海量遥感数据快视和批量遥感影像快速自动化处理技术,单体、区域地质灾害遥感监测、预警关键技术,灾害损失实物量评估关键技术,以此完善典型地质灾害监测与评估技术体系。系统研发包括:空天地一体化应急模式调度与任务规划系统、遥感震害定量评估系统、典型地质灾害应急综合管理与应用系统。机制和标准规范建设包括:

面向典型地质灾害的空天地一体化应急模式调度机制, 1:1 万灾害地质图编图行业标准, 遥感震害快速评估技术标准及规范。示范应用重点围绕 4 个方面展开: 大型滑坡体监测预警应用示范, 重大工程(三峡、高铁)监测评估应用示范, 震害综合评估应用示范, 房屋道路地质灾害损毁实物量评估综合试验与应用示范。项目经过两年的研究, 取得了大量研究成果和技术专利, 其间发生了芦山地震、鲁甸地质、景谷地震和康定地震以及次生地质灾害, 项目成果在灾害应急和评估中发挥了效用, 起到了技术支撑和示范带动作用。

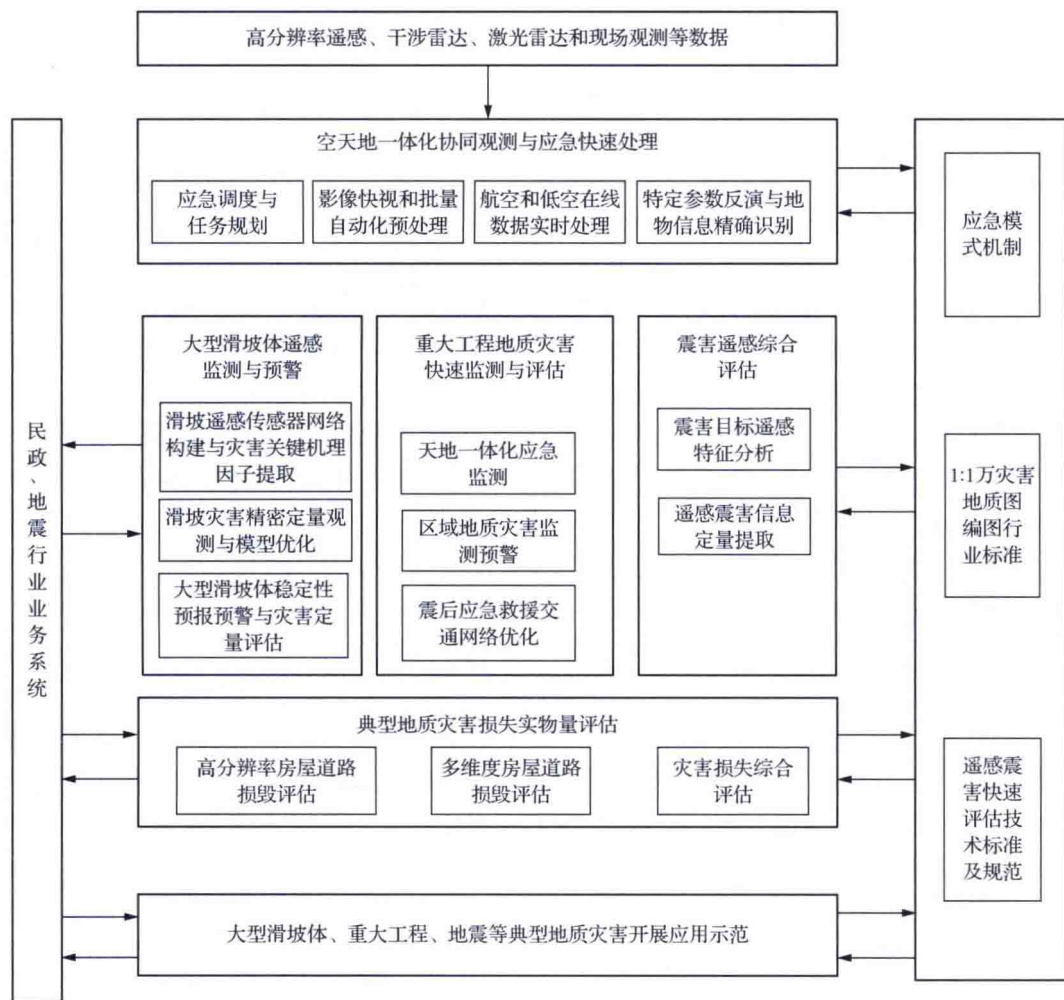


图 1.4 研究内容和技术路线

本书围绕研究计划总体目标和任务, 重点介绍三个方面的内容: 一是针对高分辨率多维度遥感数据灾害损失实物量评估技术, 开展地质灾害损失目标特征参数提取与目标特征库构建技术, 进而研究基于高分辨率遥感数据、倾斜摄影数据、激光雷达数据等房屋、道路等灾害损失实物量评估方法, 建立灾害损失评估的多角度、多维度、多源数据