

Assessment of Geological Hazards and
Environment in Earthquake Zone Based on RS and GIS

刘汉湖 杨武年 著

基于RS与GIS的地震区 地质灾害与环境评价



测绘出版社

基于 RS 与 GIS 的地震区 地质灾害与环境评价

Assessment of Geological Hazards and Environment in
Earthquake Zone Based on RS and GIS

刘汉湖 杨武年 著

测绘出版社

· 北京 ·

© 刘汉湖 杨武年 2016

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书以岷江上游汶川县域为实验区,在充分分析研究历史资料基础上,采用遥感与地理信息系统技术,以多尺度数字高程模型和多源、多精度遥感图像及其他地理地质等数据为基础,阐述了遥感应急数据处理和信息提取关键技术问题,建立了地质灾害源及承灾体判识规范,提取了研究区地质灾害与地质环境评价指标,分别进行了基于栅格尺度及基于地质灾害单元尺度的斜坡地质灾害危险性评价,开展了研究区地质生态环境和居住环境选址研究。

图书在版编目(CIP)数据

基于 RS 与 GIS 的地震区地质灾害与环境评价 / 刘汉湖, 杨武年
著. —北京: 测绘出版社, 2016.7

ISBN 978-7-5030-3960-7

I. ①基… II. ①刘… ②杨… III. ①地震地区—地质—自然灾害—研究—汶川县②地震地区—地质环境—环境质量评价—研究—汶川县 IV. ①P694②X82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 146321 号

责任编辑 余易举

执行编辑 侯杨杨 封面设计 李 伟 责任校对 吴晓娟 责任印制 陈 超

出版发行	测绘出版社	电 话	010-83543956(发行部)
地 址	北京市西城区三里河路 50 号		010-68531609(门市部)
邮政编码	100045		010-68531363(编辑部)
电子信箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.chinasmp.com
印 刷	北京新华印刷有限公司	经 销	新华书店
成品规格	169mm×239mm		
印 张	10.75	字 数	206 千字
版 次	2016 年 7 月第 1 版	印 次	2016 年 7 月第 1 次印刷
印 数	001—500	定 价	69.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-3960-7

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前 言

2008年5月12日14时28分04秒,在我国四川省汶川县映秀镇发生了里氏8.0级特大地震,影响范围包括震中50 km范围内的县城和200 km范围内的大中城市。根据资料分析,汶川大地震为逆冲、右旋、挤压型断层地震,发震构造是龙门山构造带中央断裂带,在挤压应力作用下,由南西向北东逆冲运动,属于单向破裂地震。因挤压型逆冲断层地震在主震之后,应力传播和释放过程比较缓慢,因此导致余震强度较大且持续时间较长。从震源深度看,汶川大地震属于浅源地震,深度为10~20 km,因此破坏性巨大。受其影响,地震在灾区诱发了众多次生地质灾害,包括滑坡、崩塌、堰塞湖和泥石流等。这些地质灾害一方面严重阻塞交通,给抗震救灾带来困难,另一方面,地震诱发的一系列崩塌滑坡使灾区河流被严重堵塞,导致河道(沟道)内的水流不能及时排除,严重威胁重大工程、人民生命及财产安全。同时,这些灾害还带来严重的安全隐患,直接影响恢复重建、城市规划、居民点选址等。据分析,在灾害及其所导致的环境问题中,由地质灾害造成的损失约占整个灾害损失的35%以上,其中崩塌、滑坡、泥石流及人类工程活动诱发的浅表层地质灾害所造成的损失约占55%。这些灾害的一次性规模虽小,但其发生频度高,涉及范围广,造成的人员伤害及直接经济损失巨大,而间接损失和影响更是无法估量。由于强震区环境恶劣、交通不便,要查明震区地质灾害空间分布及其性状特点,传统的地面调查方法存在许多困难。近年来的实际情况表明,遥感技术应用于地质灾害调查能起到事半功倍的效果。作为一种非常重要的信息技术手段,遥感技术可以贯穿于地质灾害调查、监测、预警、评估、防治的全过程,并在地质灾害分析、预警、评估等方面发挥越来越大和不可替代的作用,具有重要的研究意义和实用价值。

本书取材于近几年完成的研究工作,主要来源于课题的研究报告及博士后出站报告,部分内容来源于所指导的研究生毕业论文,其中有些内容已在国内外的有关刊物上发表。具体涉及如下研究生论文的内容:黎小东《面向对象的信息提取方法》,胡国超《震区居民居住环境选址》,胡宝荣《汶川地震前后大尺度生态环境评价》,南聪强《基于斜坡单元的地质灾害危险性评价》。

本书涉及的研究工作得到了国家自然科学基金“汶川强震区潜在泥石流危险性判识及其差异性分析”、四川省科技厅科技支撑计划“基于DEM匹配的滑坡地表形变信息提取方法研究及应用”、地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室课题“汶川地震区地震诱发斜坡地质灾害遥感图像解译与评价”与“遥感与GIS在

汶川强震区泥石流成灾地质环境分析中的应用研究”等项目的资助。

本书可作为地质资源与地质工程、测绘科学与技术及相关学科的各类技术(管理)人员进行研究、教学、生产和管理的参考书,也可供本科高年级学生及研究生学习参考。

由于当代遥感技术发展迅猛,本书作者视野有限,书中不足之处敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪 论	1
§ 1.1 课题研究依据与意义	1
§ 1.2 国内外研究现状	2
§ 1.3 研究内容与技术方法	10
§ 1.4 主要成果	12
第 2 章 遥感应急数据处理与信息提取的关键问题	13
§ 2.1 概 述	13
§ 2.2 遥感应急数据处理方法	25
§ 2.3 因子尺度问题	39
§ 2.4 面向对象的信息提取方法	44
§ 2.5 地质灾害单元划定方法	51
§ 2.6 三维遥感图像模型的建立	54
第 3 章 地质灾害源及承灾体遥感判别	60
§ 3.1 滑坡地质灾害判译	60
§ 3.2 崩塌的判译	71
§ 3.3 泥石流的判译	73
§ 3.4 堰塞湖遥感调查	80
§ 3.5 承灾体遥感判识	81
第 4 章 地质灾害与地质环境评价方法体系	95
§ 4.1 评价指标总体原则	95
§ 4.2 评价指标体系构建	96
§ 4.3 评价指标权重确定	100
§ 4.4 评价模型	104
第 5 章 多尺度斜坡地质灾害危险性评价	110
§ 5.1 基于栅格单元的小尺度斜坡地质灾害危险性评价	110
§ 5.2 基于斜坡单元的大尺度地质灾害危险性评价	117

第 6 章 生态地质环境评价与选址分析.....	122
§ 6.1 汶川地震前后大尺度生态地质环境评价	122
§ 6.2 汶川地震前后小尺度生态地质环境评价	140
§ 6.3 震区居民居住环境选择	153
参考文献.....	159

第1章 绪 论

§ 1.1 课题研究依据与意义

2008年5月12日14时28分04秒,在我国四川省汶川县映秀镇发生了里氏8.0级特大地震。我国除辽宁省、新疆等部分地区外,其他地区都有明显震感。据官方统计,地震造成近7万余人遇难,36万多人受伤,1.9万多人失踪,直接经济损失估计高达约5 000亿元。汶川大地震为逆冲、右旋、挤压型断层地震,发震构造是龙门山构造带中央断裂带,在挤压应力作用下,由南西向北东逆冲运动,属于单向破裂地震。从震源深度看,汶川大地震属于浅源地震,深度为10~20 km,因此破坏性巨大。受其影响,地震在灾区诱发了众多次生地质灾害,包括滑坡、崩塌、堰塞湖和泥石流等。这些地质灾害一方面严重阻塞交通给抗震救灾带来困难,另一方面地震诱发的一系列崩塌、滑坡使灾区河流严重被堵塞,这会导致河道(沟道)内的水流不能及时排除,严重威胁重大工程和人民生命及财产安全。同时,这些灾害还带来严重的安全隐患,直接影响恢复重建、城市规划、居民点选址等。据分析,在灾害及其所导致的环境问题中,由地质灾害造成的损失约占整个灾害损失的35%以上,其中崩塌、滑坡、泥石流及人类工程活动诱发的浅表层地质灾害所造成的损失约占55%。这些灾害的一次性规模虽小,但其发生频度高,涉及范围广,造成的人员伤害及直接经济损失巨大,而间接损失和影响更是无法估量。

汶川震区位于川西高原东部地质环境极为脆弱的中、高山地区。该区近百年来每隔25~30年发生一次特大地震(M6~M8级)(1933年8月叠溪7.5级、1976年8月松平7.2级、2008年5月汶川8.0级地震),地壳断裂、地面山体破碎、地质环境十分松软脆弱。据估计,这次“5·12”汶川巨震诱发的崩塌、滑坡等地质灾害点有数万处。特大地震导致大量的山体开裂,形成潜在不稳定斜坡,其隐蔽性极强且数量难以估计。这些潜在不稳定斜坡在一定条件下将诱发突发性泥石流,对人民生命和财产安全同样构成重大威胁。由于强震区环境恶劣、交通不便,我们要查明震区地质灾害空间分布及其性状特点,传统的地面调查方法存在许多困难。近年来的实际情况表明,遥感技术应用于地质灾害调查中能起到事半功倍的效果。作为一种非常重要的信息技术手段,遥感技术可以贯穿于地质灾害调查、监测、预警、评估、防治的全过程,并在地质灾害分析、预警、评估等方面发挥越来越大和不可替代的作用。因此,本研究具有重要意义和实用价值。

§ 1.2 国内外研究现状

遥感技术应用于地质灾害研究,可追溯到 20 世纪 70 年代末期。在国外,开展得较好的有日本、美国、欧盟等。日本利用遥感图像编制了全国 1:5 万地质灾害分布图;欧盟各国在大量滑坡、泥石流遥感调查基础上,对遥感技术方法进行了系统总结,指出了识别不同规模、不同亮度、不同对比度的滑坡和泥石流所需遥感图像的空间分辨率。我国利用遥感技术开展地质灾害调查起步较晚,但进展较快。我国地质灾害遥感研究是在为山区大型工程建设或为大江大河洪涝灾害防治服务中逐渐发展起来的。在这短短几十年的时间里,国内外学者对应用于地质灾害研究的遥感技术做出了卓有成效的研究(邓辉,2007)。

1.2.1 国外

Mering(1996)基于地理信息分析方法,采用不同类型的卫星图像、数字地质图和数字地形模型的数据进行了自动化绘图,对南太平洋的塔希提岛滑坡灾害进行分析评价,提供了一个基于数字卫星数据的滑坡制图实例。

印度理工大学基于卫星图像、数字地质图和数字地形模型的多源数据集,引入滑坡危险性系数,对喜马拉雅山麓某流域地区进行了滑坡灾害危险性分带,得到了滑坡灾害危险性分区图(Gupta et al,1997)。

Pachauri 等(1998)对喜马拉雅某地区进行滑坡分区制图时,尝试在地形分类的基础上进行滑坡易发性制图,提供了一个基于地质学和地形学的滑坡制图实例。

西班牙学者 Garcia-Melendez 等(1998)基于地理信息系统的分析方法,利用多重数据对西班牙东南部的半干旱地区进行了地质灾害的特征与区域划分研究。这一工作的目的是为了评价合成数字图像处理技术与地理信息系统分析方法鉴别地质灾害易发区、地质灾害的地形特征研究方面的有效性。结果显示以上方法是评价与划分地质灾害区域的有效工具。

印度学者 Rautela 等(2000)在对印度喜马偕尔邦河间滑坡危险性分析工作中,采用了大量的卫星和航空遥感数据对诱发滑坡的影响因素进行分析研究,取得了比较理想的效果。

Parise 等(2000)对 1994 年加利福尼亚州北岭市 6.7 级地震震中附近的圣苏珊娜地区 7.5 倍标准地图方格(美国国家陆地测量局颁布的标准,通常每个方格规格为南北长 27 km、东西宽 18~24 km)内地震滑坡的发生频率、空间分布及几何形态进行了分析,利用滑坡面积、长度、宽度、滑坡纵横比及坡角等简单几何要素对滑坡进行了描述,最终基于统计分析法,通过计算所有地质单元的易发性指数(即面密度)和频率指数(即点密度),将研究区滑坡对于地震诱发的易发程度进行了 4 级划分。

英国哥伦比亚大学的 Slaymaker(2001)利用遥感技术对加拿大山区的地形进行分析,将航空摄影与卫星图片的数据运用到大范围的地形测量研究中,很大程度上改善了测量的精确度,并通过遥感技术分析对土地使用、灾害防治与资源管理方面的研究提出了建设性的理论成果。

Marzorati 等(2002)针对 1997 年意大利翁布里亚和马尔凯地区中强地震诱发的石灰岩区河谷岸坡崩塌,分析了坡角、地质和地震动参数等影响诱发因素与岩崩的相关性。将岩崩编录数据与影响因素图层叠加,利用多元回归方法编绘了地震诱发条件下的岩崩易发性图。

加拿大遥感中心的研究人员 Singhroy(1995)将干涉雷达技术与 TM 成像技术相结合对加拿大落基山脉弗雷泽河流域下游的滑坡进行了鉴别与分类,并利用所获数据划定滑坡的影响范围,基于以上结果对该地区地质灾害进行了有效的评价。

Singhroy 等(1995,1998)运用干涉雷达技术与 TM 成像技术对滑坡的特征进行研究,通过大量的实例分析显示,采用以上几种遥感技术所获得滑坡的地形地貌特征能够对滑坡灾害的正确评价提供有效的依据。

意大利学者 Tarch 等(2003)将干涉雷达技术运用到意大利泰西纳滑坡的监测研究中,取得了有效的成果。

英国菲尔德基利灾害研究中心的 Christopher 等(2003)对目前滑坡、崩塌与泥石流等地质灾害的研究方法进行了系统的分析,认为对地质灾害的研究工作应该是多学科、多领域的,包括地质学、地形学、遥感、测地与流体力学理论的综合运用,同时应该在地质地形调查的基础上,广泛运用与借鉴遥感数据成图、数字化模型、全球定位系统与地理信息系统等方面的技术,使灾害评价的精确性得到提高,从而减小灾害的风险。

美国学者 Perotto-Baldviezo 等(2004)基于地理信息系统的空间分析与模拟,对位于洪都拉斯南部的滑坡地质灾害进行了评价,所建立的模型与研究结果不仅对预测预报滑坡灾害是有效的,而且对该地区的水土保持研究也提供了有利的帮助。

Gomez 等(2005)通过大量的从数字高程模型与遥感数据中获取的信息,运用人工神经网络的方法,对委内瑞拉某河盆地浅层滑坡的危险性进行评价,取得了这一领域的突破。

澳大利亚学者 Metternicht 等(2005)对遥感技术在山区地质灾害评价与预测的空间系统中的有效性进行了阐述,认为将遥感数据运用到滑坡、泥石流等灾害研究中是可行的,具有较高的精确性。

美国学者 Tralli 等(2005)对卫星遥感技术在地震、火山、洪水与滑坡等自然地质灾害中的运用做了系统的研究工作,运用成像光谱分析、干涉雷达与全球定位系统等技术对自然地质灾害的灾害预报、灾害预警与风险缓解提供了有利的技术依据。

马来西亚学者 Pradhan 等(2006)基于地质学与形态学理论的分析,采用大量的

遥感数据进行应力估算的研究,并利用估算结果对滑坡地质灾害易发区进行了评估。

Yilmaz(2008)对土耳其北安那托利亚断裂带山区滑坡分别进行了基于概率模型、逻辑回归分析及人工神经网络的易发性制图研究,通过对比分析了 3 种制图方法的准确程度,表明基于概率模型的方法较之逻辑回归法和人工神经网络法对现实反映的准确率稍低。但是建议:如果滑坡基础数据足够详实,相比后两者,更推荐使用概率模型法进行易发性评价研究。

Miles 等(2008)开发了基于模糊逻辑系统和地理信息系统的 CAMEL 模型,提供了针对所有地震滑坡类型的综合技术框架,对 1989 年旧金山 6.9 级洛马普列塔地震诱发滑坡进行评价后发现,对土质滑坡和崩塌的实际反映最好,对岩质滑坡和崩塌评价结果较差;又利用简化 Newmark 模型对相同研究区进行评价后,经过对比分析,指出 CAMEL 模型不能取代 Newmark 模型,但是可以用于整合 Newmark 模型和其他此前不兼容的技术方法类型。

Romeo 等(2009)针对意大利中部山区,基于特定地震力条件的重现概率,利用 Newmark 模型获得斜坡超出界限位移量的超越概率,进而给出承灾体由于滑坡所造成的损失分布,评估真实财产所遭受的风险。

Xu(2016)以地震诱发滑坡为例,阐述了现行地震滑坡编录的技术与方法,针对存在的问题,确定了地震滑坡编录制图的原则与方法,并在 4 个地震区开展了地震滑坡编录与制图。

1.2.2 国内

王治华(1999)在回顾我国 20 年滑坡、泥石流遥感调查的技术、方法、成绩及存在的问题的基础上,指出了改善现有地质灾害遥感调查技术的迫切性。

王军(1999)从地貌学角度出发就重力地貌过程的研究现状进行了综述,指出近年来发展的各种理论与方法,以及遥感与地理信息系统技术在重力地貌过程研究中的应用,并对今后重力地貌过程研究的难点进行了探讨。

付炜(2000)结合对天山阿拉沟流域泥石流灾害地貌的研究提出了“灾害地貌专家系统”。该系统采用压缩编码方式存储各种地学专题图形和遥感图像数据,具有数据与图像的存储更新、查询检索、分析处理、图像显示和自动制图功能。该系统可以对灾害地貌过程进行专家级的预测和评价,并对灾害地貌的综合治理与区域规划提出几种可行性方案供用户选择。

何易平(2000)运用野外光谱仪探测了小江支流蒋家沟新、老泥石流堆积物的光谱反射率,总结了新、老堆积物的反射光谱特性,进一步分析了影响泥石流堆积物反射光谱特性的因素(岩性、水分含量、植被覆盖),最后讨论了应用高空间分辨率遥感图像解译泥石流堆积物的可能性。

乔彦肖(2000, 2001a)根据卫星遥感图像特征,分析了河北省太行山区复杂沟

系泥石流的运动及动力学特征,提出了泥石流在支沟中是匀变速(加速)运动,在主沟中是脉冲式运动。阐述了主沟中的脉冲式运动方式是由泥石流能量(动力)积累与释放交替演变的结果,而能量的积累与释放是由主沟两侧地质环境条件所决定的。同时,在揭示冲洪积扇和泥石流扇在发育规模、物质成分及分选性、赖以形成的地形地貌条件等方面差异特征的基础上,阐述它们在航天和航空遥感图像上的影像特征,以及识别它们的实践意义。

刘光(2001)在分析泥石流灾害发育条件、主要因子的基础上,结合遥感信息模型理论与方法,提出一种新的模型——泥石流致灾系数遥感信息模型,用于区划泥石流灾害和预测泥石流灾害危险地区。

乔彦肖等(2001b)在对张家口市地质灾害研究时,描述了不同地质灾害类型应选择的遥感图像种类和应采取的遥感技术方法,对遥感技术在地质灾害调查中的效果进行了详细分析,强调指出遥感技术对地质灾害隐患区(段)的发现及对地质灾害防治具有很重要的实际价值。

李才兴等(2002)指出随着灾害的日益加剧,各国在灾害防治方面的研究和投入也逐步增加,国内外大量研究成果和实践表明,卫星遥感技术是防灾减灾的强有力手段。卫星遥感是一项投入大、技术含量高的尖端技术,各国也在进一步加强国际合作,共享资源和成果,使得这一技术在防灾减灾中发挥更大的作用。因此,如何更好地利用卫星遥感技术为防灾减灾工作服务,成为国内外防灾减灾专家关注的一个热点。

吕杰堂(2002)利用多时相、多平台的卫星遥感数据,监测了西藏易贡滑坡发生后易贡湖的变化情况,快速获取了各时相的湖水面积,利用数字高程模型求取易贡湖各时相的水位与水量,并进行了导致溃坝的洪水的水力学计算。卫星监测和计算结果与现场调查结果基本一致,表明利用卫星遥感数据定量监测地质灾害是可行的。

刘波坤(2002)在长江三峡库区移民工程中,采用 ETM+、SPOT、IKONOS 等多源、多时相、多分辨率航天航空遥感数据组合,监测移民工程的动态变化,通过对库区奉节—巴东段移民搬迁建设与安置、新开发用地分布、土地利用与土地结构变化、地质灾害及衍生地质灾害与防治、库区环境及生态平衡与改善经济结构及移民工程等遥感动态监测,取得突破性进展,获取了一批重要成果。这为三峡移民工程进一步全面、安全地实施、改进规划管理工作及库区经济可持续发展,提供了科学依据和决策性建议。

孙宝忠(2002)利用 ERDAS IMAGINE 图像处理软件,对滇藏线原始数据经过校正、数字正射影像镶嵌、假彩色合成图像增强处理后,通过数字高程模型的获取、生成,与遥感图像的配准,制作具有三维视感的地貌影像图及可视化飞行电影动画,提取工程地质灾害、地质构造信息,从工程地质角度对新建铁路滇藏线预可行性做出评价。

黄润秋(2008a)系统总结了 20 世纪地质环境管理及地质灾害领域信息技术的

应用状况,重点分析了地理信息系统技术、先进遥感技术和地质可视化技术等的应用水平及发展前景。在此基础上,根据我国这一领域发展的状况,构建了面向 21 世纪地质环境管理及地质灾害评价信息技术的基本框架及相应的技术支撑体系,提出了我国在这一领域重点的发展方向。

邓嘉农(2003)在研究陇南、陕南地区的滑坡、泥石流时,利用陆地卫星遥感影像特征差异,结合野外调查分析,建立了滑坡、泥石流分区标准。通过对遥感影像解译,并结合地质资料综合分析得到全区滑坡密度分区情况和泥石流作用强度分区情况,分析了滑坡、泥石流成因,对不同发育程度区的发展趋势进行了初步预测。

高克昌(2003)根据万州区独特的自然地理特征,通过对 TM 影像的主成分分析,结合地理信息系统技术,在 TM 影像上识别出了万州崩塌地质灾害发生的主要地带,即遂宁组和沙溪庙组地层的分界线附近、沙溪庙组地层形成的陡崖上。从宏观上揭示了崩塌地质灾害的空间分布规律。

王霖琳(2004)以 MapGIS 地理信息系统软件为工具,以地形图为数据源,建立数字地面模型;结合土地利用相关资料,分析了山东省下港乡泥石流发生发育原因及特征,为这一研究进行了有益的探索。

乔彦肖(2004)利用 TM 影像,以在冀西北 1.8 万 km^2 范围内解译出的 339 条(处)泥石流沟作为研究对象,在全面分析该区影响泥石流发育的环境因素后,选择出植被覆盖度、岩石类别、沟床坡降、流域平面形态、地形地貌特征等 5 项因素,通过提取遥感图像特征进行分级细化和定量研究。采取大样本统计方法,得出每种因素在不同状态下与泥石流发育的关系,定量表示不同发育状态的环境因素对泥石流发育的影响。对影响泥石流发育的所有环境因素进行了分类和评价,将 9 类因素归结为影响泥石流发育的物源因素和影响泥石流运动状态的因素,建立了泥石流发育影响因素分类体系,并评价、排序了它们在泥石流孕育过程中的重要性。最后,总结出研究区最易发生泥石流的环境因素组合。

乔建平(2004)提出滑坡灾害快速反应系统由滑坡知识、受灾体和救灾指挥 3 部分组成。其中每一部分都包括一个完整的体系,并有评价指标描述。该系统的实现主要依靠滑坡数据库、动态仿真模拟和抢险救灾预案技术。

赵俊华(2004)在研究甘肃省舟曲县地质灾害时,在 TM 多光谱与全色融合影像的基础上,参照地形图,可以准确进行滑坡、泥石流的判读。

余波(2004)在研究水电工程地质灾害时指出,在水利水电工程地质灾害调查中,运用遥感手段与地质调查及复核相结合的工作方法,能较好地解决工程中面广点多、地形地质条件复杂、调查工作量大、工作速度慢和资料及信息易缺漏的问题。

唐川(2004,2005)以美国高分辨率的 QuickBird 卫星影像为数据源,完成了土地覆盖类型遥感解译,应用地理信息系统提供的统计和分析工具,进行了不同土地覆盖类型的城市泥石流易损性计算和评价。提出了城市泥石流易损性评价的系统

方法,包括易损体类型划分、易损体数量调查统计、评价模型构建和核算易损体价值等主要内容,并进行泥石流风险评价。风险区划图可用于指导对泥石流易发区的不同风险地带的土地利用进行规划和决策,从而达到规避和减轻灾害的目的,也为生活在泥石流危险区的城市居民提供有关灾害风险信息,以作避难和灾害防治的依据。提出了城市泥石流风险评价的系统方法,包括泥石流扇形地危险区划、城市易损性分析和城市泥石流风险评价3个主要内容。

杨武年(2005)采用“3S”技术和多时相 TM、SPOT、ERS-SAR 和 RADARSAT 等图像集成新技术快速有效地监测、研究和评估地质灾害对三峡工程及周边环境的影响,为地质灾害的预防和治理提供科学依据,取得了较好的效果。

张明华(2005a,2005b)在研究西藏墨脱高等级公路地质灾害时,运用遥感及地理信息技术能有效地从图像光谱特征、空间特征、影像纹理、微地貌、景观等诸多方面,对岩石、构造、地形地貌、地质灾害等进行识别与划分,从遥感影像中提取公路工程地质信息。结合 ENVI 和 ArcGIS 软件进行数据采集和专题制图,利用地理信息系统的空间分析功能,能快速、准确地对公路工程地质条件进行定量分析和综合评价,取得了较好的效果。

傅文杰(2006)基于支持向量机的滑坡灾害信息遥感影像提取的方法和原理,并结合工程实例,说明了这种方法的有效性。

王瑜玲(2006)应用 QuickBird 遥感影像数据对江西省赣州市某县北部地区稀土矿的开采状况及引发的地质灾害问题进行调查。结合稀土矿不同开采方式的 QuickBird 遥感影像特征和野外实地调查,建立针对各种相关地物的解译标志,对各解译标志的占地面积进行统计分析,依据统计数据对研究区的开采状况及引发的地质灾害进行分析评价,并提出一定的改进意见,为当地政府部门采取及时有效的整治措施提供了现实依据,取得了较好的效果。

李加洪(2006)在研究西藏帕里河滑坡时,利用多时相、多平台的卫星遥感数据,确定了帕里河滑坡的具体位置,监测了滑坡发生后河道水体的变化情况,快速提取了各时相的积水面积,并结合数字高程模型数据,计算各时相的蓄水量,模拟了各时相的遥感监测三维图像,取得了较好的效果。

刘成(2006)在研究重庆市北碚区地质灾害时,从“3S”技术的集成着手,结合区域地质灾害评估的特点和发展需要,提出基于“3S”技术建立区域地质灾害系统的框架,探讨以“3S”技术为开发平台的区域地质灾害灾情系统的基本原理和方法。

李远华(2006)利用遥感、地理信息系统技术和其他分析手段,在递进分析法(AMFP)理论框架下,利用层次分析法(AHP)模型评估各影响因子权重,选用综合指数评价模型求取潜势度、危险度及危害度等区域地质灾害评价指数,借助自建的灾害评价系统,实现了藏东林芝地区(今林芝市)的区域性地质灾害预测评价及其可视化表达。研究表明:该方法评价结果较为合理,研究方法和试点区预警

系统的建设实践对于区域性灾害的预测、预报和防止不仅具有理论意义,也具有重要的现实意义,将人类活动等影响因子量化,不仅缩小了预测区的范围,也突出了地质灾害对人类生存环境的影响。

宋杨(2006)利用多时相遥感影像和高程数据及基础地质资料,综合分析了新滩滑坡的环境背景和灾害影响。通过对比 1959 年和 1986 年的高程信息与 TM 影像及地质资料,进行了滑坡敏感性分析,得出新滩地区滑坡前后的高程变化,并编程计算新滩滑坡前后的体积变化量,得到了与史料记载相近的结果。在此实例分析的基础上,综合阐述了利用多时相、高分辨遥感数据对滑坡进行分析与预警调查工作的技术优势。

杨武年等(2008)采用遥感技术对西藏阿里、四川康定、云南腾冲、昆明小哨等多个机场进行了工程地质勘察,探讨“3S”技术在高原区机场建设工程中的作用及其关键技术,提出基于“3S”技术的高原机场建设工程地质勘察关键技术方法,为高原机场建设创优工程与现代化管理提出新的思路。

黄润秋(2008b)通过灾后对地震地质灾害的现场调查和遥感解译,获得地质灾害点 11 308 处,对地震地质灾害发育分布有了总体认识。在此基础上,利用地理信息系统技术对地震地质灾害的分布与距发震断裂距离、坡度、高程、岩性等因素的关系进行统计分析。

许强等(2010)利用高分辨率遥感影像数据源与地理信息系统技术方法作为地质灾害承灾体类型和数量统计的基本依据,并结合野外的实地调查,获得了大量研究所需的承灾体信息。通过对丹巴县城历史地质灾害资料的分析,结合野外调查结果和丹巴县城的实际情况,系统地研究了大比例尺地质灾害承灾体的调查方法、评价指标体系、评价模型和评价方法,初步建立起一套实用的地质灾害易损性评价方法体系,可为西南山区城镇建设规划地质灾害防治和风险管制提供科学的决策依据。

唐川等(2011)根据遥感图像解译,结合了现场调查数据,分析了映秀镇红梅沟泥石流的物源特征、灾害特征、成因及成灾过程,为进一步研究震区泥石流规模、频率和危险性等特征提供了重要参考。

刘凤梅等(2011)以遥感和地理信息系统为主要技术手段,对 CBERS-0B2 卫星影像数据进行几何纠正、镶嵌融合和正射纠正处理后,在 ArcGIS 平台上利用 1:1 万地形图建立数字高程模型,通过叠加遥感影像对地形地貌进行三维模拟,制作了江西省安远县稀土矿开采区三维遥感影像图,并对矿区地质环境进行了三维分析试验。

彭立等(2011)基于遥感技术宏观数据快速获取能力及地理信息系统提供的强大空间分析能力,建立了地震移民选址空间分析模型,对研究区的数据进行迁建适宜度分区处理,并在此基础上进行了候选区模糊综合评判。选址结果理想,能够为地震移民选址的科学决策提供辅助数据。

黄勇等(2012)利用地理信息系统方法,采用 ArcEngine 强大的组件开发工具,

将地理信息系统技术引入到公路地质灾害评价决策支持管理中,不仅实现对空间数据库的管理、查询、分析等功能,还集成了地质灾害预测及防治专家数据库,为天山公路预测及防治提供了操作分析平台。系统提供的三维可视化模块,整合不同类型的数据资料 and 多媒体信息,实现了基于三维的空间信息查询和分析功能。

梁京涛等(2012)利用航空影像对青川县红石河区域进行遥感解译,并结合汶川地震前研究区地质灾害调查数据进行对比分析。在 193 km^2 的范围内共解译地质灾害 712 处,其中,滑坡 209 处、崩塌 486 处、泥石流 17 处,地质灾害发育密度达到了 3.7 km^2 。汶川地震诱发的地质灾害具有明显的断层上下盘效应、坡度效应、灾害链效应及高密度发育的特点。

丁丽等(2012)利用 SPOT-5 高精度遥感图像为依据,采用地理信息系统与遥感技术结合的方法,从地质背景和矿山开发两个方面构建评价指标体系,运用层次分析法计算指标权重值,并根据指标加权平均法建立数学模型,对各影响因子进行量化分析,评价分区结果基本反映陇南金矿区矿山环境问题的分布特点。

张家铭等(2012)应用遥感图像处理和地理信息系统等技术,以宜巴高速郑家垭隧道排土场为实例,对选址地区的地形图进行了矢量化处理,建立了选址区域的数字高程模型。通过对选址区域的遥感图像和数字高程模型进行叠置分析、缓冲区分析等相关的地理信息系统空间分析,计算出排土场的最优选址规划位置,之后对选定区域进行了弃方容积计算,计算结果满足预计弃方量。这种将遥感图像处理与地理信息系统技术相结合的研究方法,为排土场选址规划提供了新思路。

刘亚岚等(2014)以“5·12”汶川地震重灾区地震次生地质灾害滑坡、碎屑流和崩塌为例,进行了地震次生地质灾害遥感影像特征图谱研究。

李畅等(2014)针对 2010 年和 2011 年汶川映秀地区的可见光航空立体像对,提出了一种检测植被和三维地形变化的方法。

李凌婧等(2014)选取同震地质灾害典型发育的绵远河流域作为研究区,利用 2 期震后的 SPOT-5 卫星遥感影像,结合震前航拍影像,进行了同震地质灾害图斑的自动识别,并结合影像目视检核和灾害野外验证精确编录了斜坡地质灾害。

谭玉敏等(2015)以重庆涪陵区为研究区域,选取坡度、坡向、累计汇水面积、地层岩性、水域、降雨量、植被和土地利用分类 8 个影响因子,提取“高分一号”遥感数据(2013-12-24)动态影响因子,引入信息量模型,分别计算上述影响因子对应的信息量,对该时期示范区的地质灾害危险性进行评价,并引入 ROC 曲线和 AUC 评价指标,对得到的区域地质灾害易发性评价结果进行精度评估。

研究人员通过近 20 年的实践,摸索出了一套较为合理有效的滑坡、泥石流等地质灾害遥感调查方法,即利用遥感信息源,以目视解译为主、计算机图像处理为辅,并将重点区遥感解译成果与现场验证相结合,同时结合其他非遥感资料,综合分析并多方验证。目前,地质灾害遥感调查已基本完成了示范性实验阶段,正在走

向全面推广的实用性阶段,在山区大型工程建设及江河湖库的防灾减灾工作中尤其具有广阔的应用前景。遥感技术应用地质灾害调查已取得了许多成功的经验,但仍需进一步完善,而且在地质灾害监测方面成功的实例不多。充分利用航天遥感、干涉雷达和全球定位系统技术及其集成技术进行地质灾害监测,是未来遥感对地观测技术体系在地质灾害监测应用中的必然发展趋势。

§ 1.3 研究内容与技术方法

1.3.1 主要研究内容

本书选择汶川地震重灾区,综合应用遥感与地理信息系统技术,利用多时相、多源遥感图像(航空真彩色图像、航空彩红外图像、陆地卫星 TM 和 ETM+图像、IKONOS 图像等)及多尺度数字高程模型,通过遥感图像正射处理、数据融合、辐射增强等数字处理,对研究区地震诱发的斜坡地质灾害进行信息提取和图像解译,结合野外现场调查,开展研究区斜坡地质灾害危险性评价,同时对研究区生态地质环境及居民地选址进行了分析,研究成果为次生灾害预防、城镇规划、居民点选址等提供科学依据。研究内容主要包括以下几个方面:

(1)总结了国内外遥感与地理信息系统在地质灾害研究的发展历史与现状,分析了遥感地震应急数据处理方法及信息提取方面的关键技术。

(2)研究了地震后地质灾害源影像特征,从多尺度角度上对各类可能遭受地质灾害危害的承灾体进行了遥感判识,对城市建筑承灾体进行了详细分析。

(3)阐述了地质灾害与地质环境评价方法体系,提取了汶川县地质灾害与生态地质环境评价相应的各类评价因子。

(4)开展了汶川县基于栅格小尺度和基于斜坡单元大尺度的斜坡地质灾害危险性评价。

(5)利用两期 TM 遥感数据开展了汶川县地震前后大尺度生态地质环境评价,采用高精度遥感图像对汶川局部进行了小尺度生态地质环境、景观评价及居住环境选址。

1.3.2 技术路线

根据本研究特点,工作技术路线大致如图 1.1 所示。总结以上步骤,则本书的技术路线为:

(1)数据收集与分析:文献资料、遥感图像(包括航片、卫片、地形图等资料的收集与购买)的收集,关键技术问题分析。