

文章编号:1673-9469(2009)01-0076-05

遥感在汶川地震地质灾害评估中的应用

闫世勇

(河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038)

摘要:首先介绍了遥感技术的优点以及地震诱发的几种次生地质灾害,然后结合汶川 Ms8.0 级地震诱发的地质灾害和已收集到的灾区遥感数据,分别说明了利用光学遥感和雷达卫星数据进行评估的方法和各自的特点,并应用这些方法得到了灾区的专题信息图,最后总结了遥感在地质灾害评估中存在的问题。

关键词:遥感;地震;次生地质灾害;评估

中图分类号: P237

文献标识码: A

Remote sensing application in the geologic disaster evaluation of Wenchuan earthquake

YAN Shi-yong

(College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Handan 056038)

Abstract: This paper introduces the advantages of remote sensing technology as well as several secondary seismic-induced geological disasters. And based on Ms8.0 Wenchuan Earthquake-induced geological disasters and the remote sensing data of seismic region, evaluating methods that the optical and radar remote sensing satellite data has been introduced respectively, and thematic information map has been gotten by the methods above. Finally the problem existing in the evaluation of the earthquake-induced geological disasters was summed up by remote sensing.

Key words: remote sensing; earthquake; secondary geological disasters; evaluation

遥感是一种从一定距离外获取目标信息的技术方法,与其它信息获取手段相比,主要有大面积同步观测、时效性强、获取地面信息量大、不受地面条件限制等性能。微波遥感主要是利用波长在1mm到1m的微波波段,从而使其具有了一些独有的特点,如全天候、全天时的工作能力、对地物具有一定的穿透能力和获取光学遥感所不能获取的一些特征等。随着遥感技术最近几十年的迅速发展,其已经在测绘、农业、城市规划、环保、防洪、灾害评估等方面发挥着越来越重要的作用^[1]。我国遥感技术也有了长足的进步,并已广泛应用到国民经济的各个领域,对于推动经济建设、社会进步、环境保护和国防建设起到了重大作用。遥感技术在自然灾害的调查和监测中具有显著的优势,特别是在一些人口稀少、环境恶劣、交通不便

的地区。

2008年5月12日,处于龙门山断裂带的四川汶川地区发生Ms8.0级地震,震中位于31.015°N, 103.365°E,地震对人民的生命财产和基础设施造成了严重的破坏。地震区位于印度板块与欧亚板块碰撞形成的青藏高原的周边地区,该区发育鲜水河和龙门山两条大的断裂带,汶川地震发生在位于川西地区重要的龙门山断裂上,它南起泸定、天全,沿四川盆地西缘呈北东-南西向延伸,经都江堰、江油、广元进入陕西勉县一带,是有多条挤压逆冲断裂和多个推覆构造体组成的一个巨型复合推覆构造带。由于该地区地质条件和地形复杂,易产生滑坡、泥石流、堰塞湖等地震次生地质灾害,给救援工作增加了难度。

收稿日期:2008-11-09

作者简介:闫世勇(1982-),男,江苏徐州人,硕士研究生,从事InSAR干涉测量技术应用。

1 遥感数据获取与次生地质灾害类型

汶川地震发生后,我们获取了灾区的多种形式遥感数据,包括 WorldView、QuickBird、SPOT 等高分辨率光学遥感影像,福卫二号、遥感一号等中低分辨率光学遥感影像,遥感一号、COSMOS、Terra SAR-X 等雷达遥感影像以及国家测绘局、中国科学院等单位提供的高分辨率航空摄影遥感影像等,如表 1。

表 1 遥感数据
Tab.1 Remote sensing data

数据类型	数量	数据类型	数量
北京一号	8 景	QUICKBIRD	67 景
IKONOS	4 景	WORLDVIEW	35 景
中巴资源卫星	38 景	ALOS	22 景
SPOT	10 景	Terra SAR-X	5 景
遥感一号	336 景	COSMOS	8 景
福卫二号	95 景	航空遥感	近 1T

中高分辨率的遥感影像在地质灾害识别和城市建筑物损害评估过程中发挥了重要作用。由于地震发生后,灾区天气不佳,雨雾覆盖,光学遥感卫星无法获取地面遥感影像。雷达遥感数据可以穿透雨雾,对地面成像,从而使外界对灾区状况有了初步的认识。后期利用航空遥感方式对重点灾区进行成像,0.5m 的分辨率可以使我们对灾区的地质灾害和城市损毁情况进行详细的判读。

地震灾区处于青藏高原和四川盆地过渡带,受地形、地貌、地质构造条件和暴雨、地震等诱发因素频发影响,使之成为地质灾害的多发区、易发区^[2]。汶川 Ms8.0 级地震主要诱发了以下几种类型的地质灾害:

滑坡:震区为丘陵山区,山体众多,山势陡峭,沟谷河流遍布山体之中,与之相互切割,形成了众多的滑坡体和切割面,广泛存在滑坡发生的基本条件,滑坡灾害相当频繁^[2,3]。由于地震的强烈作用使滑坡土石内部结构发生破坏和变化,使斜坡失去原有的稳定性,再加上一系列的余震振动冲击和雨水的影响,斜坡上的土石体更容易发生形变,最后导致滑坡。

泥石流:泥石流的形成必须同时具备以下 3 个条件:陡峭的便于集水的地形、有丰富的松散物质、短时间内有大量的水源。川西地震区具有了泥石流形成的条件,地震使土石松软,再加上大量

的降水从而导致了大量泥石流发生。

堰塞湖:由于地震引起山体滑坡并堵塞河道形成的湖泊称为地震堰塞湖。地震堰塞湖的形成一般需要地震区域有河流经过、河床海拔明显低于两侧山体和河道两侧山体发生滑坡或崩塌并堵塞河道等三个基本条件。很多情况下,由于地震堰塞湖堵塞了正常的河道水流,会造成堰塞湖区的水位迅速升高,水体的渗透压力逐渐增大,在疏松堆积的堰塞湖堤上形成管涌,从而造成垮坝,在很短的时间内湖泊中累积的水体会一起排泄出去,高水头洪水将会造成下游的灭顶之灾,形成很大的地震次生灾害。汶川地震诱发了 30 多个规模不等的堰塞湖,及时地确认堰塞湖的位置和水量,会给抗震救灾指挥工作提供极大的帮助,争取宝贵的时间。

2 遥感震害识别方法

地震次生地质灾害在高分辨率的光学影像上具有明显的形态特征,可以准确判读出灾害类型。多光谱数据不同波段的组合可以提供地表植被指数和裸露地表类型等信息,为人机交互判读提供便利。云雾覆盖导致光学遥感无法发挥作用,雷达卫星采用的探测波段可以穿透云雾,首先获得了灾区图像,由于雷达卫星的成像原理与光学遥感不同,所以判读方法也有所区别。

2.1 光学遥感

采用多传感器、多时相、多分辨率和多波段的遥感数据,提取地震造成的大量的地质灾害和构造变形的相关信息^[4]。在遥感影像上,通过人机交互解译的方式,进行地质灾害影像光谱、纹理、地形、地貌、覆盖植被等的分析,确定灾害体的分布位置、面积、产出的地质背景等属性,是地质灾害遥感调查的重要内容。本文利用震区的福卫二号卫星遥感数据分析了一些地区的震后灾害情况。从遥感图像上可以得出,出现滑坡的山体色调以及纹理和稳定山体有一定的差别,因为滑坡山体比周围山体要低,这使得滑坡的灰阶总是比四周稳定山体有一定的色差^[5,6],再根据不同的形态特征,可以识别滑坡和泥石流。利用多波段合成的福卫图像,如图 1 所示,由于滑坡造成了地表植被的破坏,暴露出山体内部山石和泥土,与植被覆盖的山体在图像上表现为较亮的红色不同,它们在假彩色合成图像上表现为深灰色,黄色虚线标

识出了地震造成的部分滑坡,它们已经对北川县城造成了巨大破坏和威胁。



图1 北川县城地质灾害情况
Fig.1 Geologic disaster in Beichuan county

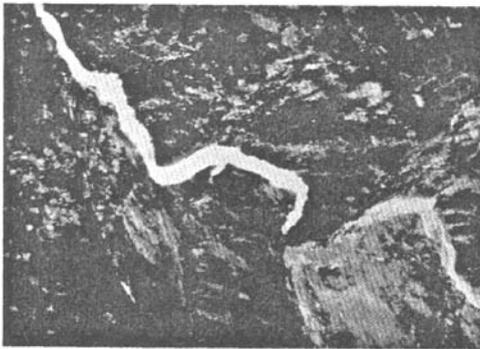


图2 唐家山堰塞湖遥感图像
Fig.2 RS image of Tangjiashan lake

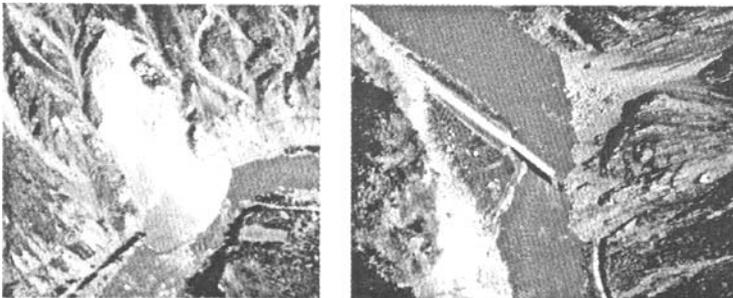
利用光学遥感数据可以得到地震灾区堰塞湖的分布情况。图2为地震诱发山体垮塌堵塞河道造成的唐家山堰塞湖。图中可以明显看出巨大的山体滑坡堵塞了河道,使上游水位迅速增长,形成了

唐家山堰塞湖。山体滑坡在纹理分布上与正常山体有明显区别:正常山体交错纵横,纹理比较错乱,而滑坡山体则表现为较为统一的走向,纹理较为一致,且颜色较亮。滑坡山体与稳固山体之间有较明显界限。由于降雨天气和松软的山体滑坡堵塞物等原因,使堰塞湖给下游造成了极大的威胁。

航空遥感在地震灾区救灾和灾害评估中发挥着重要的作用,其较高的空间分辨率弥补了卫星遥感的不足,可以对更小的目标进行判别,提高对地质灾害识别的准确度。利用其对灾区重点区域,如交通线路、河道、灾区城市等进行成像,精确的识别各种破坏情况,为灾区求援和损失评估提供可靠的信息来源。图3(a)是国道213中段一处滑坡,从图像中可以直接判读出滑坡体和滑坡面,滑坡体掩埋了道路,堵塞了部分河道,图3(b)是都汶路一处桥梁被山体滑坡所破坏的情况。从这些航片中我们可以准确的判断灾区的道路破坏情况。

2.2 微波遥感

由于绝大多数的自然灾害具有偶发性,所以对于依赖太阳光在白天工作的光学遥感器而言,夜间对这些灾害的监测是不可能的,而雷达遥感卫星没有这个限制。由于汶川 Ms8.0 级地震灾区处于川西高原地区,气候类型复杂,天气多变,震后天气情况恶劣,雾气和降水不断,使光学遥感受到大限制。依靠自身发射微波信号对地面进行观测的微波遥感则可以利用微波能够穿透云雾和降水的特性,获取到地面的图像,为及时地提供震区的地质灾害信息提供了很好的保障。雷达成像遥感卫星采用侧视成像,特殊的成像方式会给图像的判读造成一定的困难。侧视成像方式会造成阴影、透视收缩和顶底倒置等现象,这也是雷达影像与光学影像的重要区别。但是根据水体和山体



(a) (b)
图3 航空遥感图像
Fig.3 Airborne remote sensing image

在雷达图像上显示的特征,依然可以判读出唐家山堰塞湖。因为河水表面较为平坦,雷达波与其相互作用发生很强的方向性反射,后向散射较其他地物更弱,因此河流在雷达影像上表现为连续的深色线性区域,但因河道堵塞,堵塞物与河流相比具有较强的后向散射,使河道堵塞处在雷达图像上呈现为较亮区域,深色河道被该较亮区域截断,即可判断该处河流阻塞,可能造成堰塞湖,如图4。

由于地震初期天气比较恶劣,依靠太阳光工作的光学卫星作用受到了限制,雷达遥感则为灾区重大地质灾害及时识别提供了一条有效的途径。图4雷达图像中用红色虚线标识出了堵塞河道的情况。



图4 唐家山堰塞湖雷达图像
Fig. 4 Radar image of Tangjiashan Lake

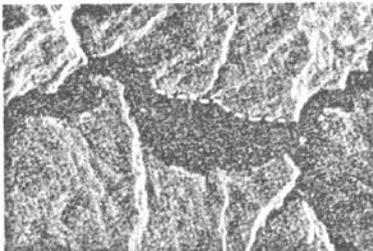


图5 后期淹没范围
Fig. 5 Flooding area later



图6 初期淹没范围
Fig. 6 Flooding area earlier

同时,平静的水面对雷达信号发生全反射,其后向散射很弱,因此水体在雷达图像上呈暗黑色。城市后向散射比较强,在雷达图像上呈现高亮度的区域。由于上涨的堰塞湖水淹没了一部分城市,使城市后向散射减弱,在雷达图像上表现为较亮的区域变暗,利用这种变化特征,可以判读堰塞湖对上游地区造成的危害以及水位上涨情况。如图5为唐家山堰塞湖形成十多天后的雷达影像,黄色虚线表示淹没线,图6绿色虚线为唐家山堰塞湖形成初期的淹没线,通过对比可以得到,唐家山堰塞湖水正迅速上涨。

3 应用成果

按照上文提到判别方法利用遥感数据对灾区的部分交通生命线工程进行了判读。通往该区的主要有213、317、303国道和302、105省道等,由于强烈地震影响,致使道路沿线发生多处滑坡和泥石流,掩埋道路,造成震区多个城市因道路阻断与外界断绝联系,成为孤城。在人机交互判读过程中,主要用到了航空遥感数据和WorldView高分辨率卫星影像,根据导致道路损毁的不同原因和在遥感图像上的识别特征,道路破坏情况可以划分为以下几种情况:滑坡掩埋、泥石流破坏、塌方、水毁、路面破坏和潜在危险路段等。将判读结果作为道路的属性信息,生成了道路破坏专题图,如图7所示。图7直观的显示了地震灾区部分国道、省道路段受损情况(来自中国地震局地壳应力研究所遥感实验室)。从图中可以看出,滑坡、泥石流和塌方等地质灾害使进出汶川的三条主要道路严重受损,道路基本破坏殆尽,无法使用,因此也使汶川地区与外界隔绝数日之久,无法判断汶川地区震害损失情况,使救援工作面临极大困难。

利用各种遥感数据,通过仔细判读和识别,还得到了灾区堰塞湖分布图、城市破坏情况分布图、地震烈度分布图以及地震产生的一些新地质断裂的分布图等。这些专题信息使人们更准确地掌握了灾区的破坏情况,对地震救灾指挥工作起到了重要作用。

4 结论与展望

雷达卫星的成像波段可以穿透雨雾和全天候工作,不受灾区恶劣天气的影响,为初期灾害评估

作者: [闫世勇](#), [YAN Shi-yong](#)
作者单位: [河北工程大学, 资源学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26(1)
被引用次数: 5次

参考文献(7条)

1. 樊科研;田丽萍;薛琳 [遥感在农业估产中的应用与发展](#)[期刊论文]-[宁波农业科技](#) 2007(03)
2. 戴世荣 [四川地质灾害防治趋势前瞻](#)[期刊论文]-[中国地质灾害与防治学报](#) 2002(03)
3. 盛海洋;李红旗 [我国滑坡、崩塌的区域特征、成因分析及其防御](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2004(03)
4. 杨武年;濮国梁;CAUNEAU F [长江三峡库区地质灾害遥感图像信息处理及其监测和评估](#)[期刊论文]-[地质学报](#) 2005(03)
5. 唐新建;陶洪久;章光 [利用遥感图像对滑坡进行调查和监测分析研究](#)[期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2002(z2)
6. 李世平;安秀芳;武文波 [干热河谷地质灾害遥感解译特征](#)[期刊论文]-[辽宁工程技术大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(06)
7. 李新滨;高桂棠;杜贻晶 [地表移动观测站数据处理](#)[期刊论文]-[黑龙江科技学院学报](#) 2008(06)

本文读者也读过(10条)

1. [林志斌](#) [遥感\(RS\)技术在地震中的应用概述](#)[期刊论文]-[科技信息](#)2009(27)
2. [李世平](#). [安秀芳](#). [武文波](#). [LI Shi-ping](#). [An Xiu-fang](#). [WU Wen-bo](#) [干热河谷地质灾害遥感解译特征](#)[期刊论文]-[辽宁工程技术大学学报\(自然科学版\)](#) 2006, 25(6)
3. [许领](#). [戴福初](#). [陈剑](#). [XU Ling](#). [DAI Fu-chu](#). [CHEN Jian](#) [ETM+与SPOT-5 Pan融合影像在地质灾害调查中的应用](#)[期刊论文]-[地质科技情报](#)2008, 27(2)
4. [遥感在地质灾害研究中的应用](#)[期刊论文]-[煤田地质与勘探](#)2005, 33(z1)
5. [黄庭](#). [张志](#). [谷延群](#). [周曼蒂](#). [强建华](#). [HUANG Ting](#). [ZHANG Zhi](#). [GU Yan-qun](#). [ZHOU Man-di](#). [QIANG Jian-hua](#) [基于遥感和GIS技术的北川县地震次生地质灾害分布特征](#)[期刊论文]-[遥感学报](#)2009, 13(1)
6. [杨金香](#) [遥感在地质灾害研究中的应用](#)[会议论文]-
7. [高永志](#). [梁伟](#). [初禹](#). [杨汉水](#) [GeoEye-1数据在鹤岗煤矿区遥感地质综合调查中的应用](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#) 2010(33)
8. [杨武年](#). [濮国梁](#). [CAUNEAU F](#). [RANCHIN T](#). [PARIS J P](#). [YANG Wunian](#). [PU Guoliang](#). [CAUNEAU F](#). [RANCHIN T](#). [PARIS J P](#) [长江三峡库区地质灾害遥感图像信息处理及其监测和评估](#)[期刊论文]-[地质学报](#)2005, 79(3)
9. [杨日辉](#). [YANG Ri-hui](#) [遥感地质解译方法在从莞高速公路惠州段的应用](#)[期刊论文]-[广东交通职业技术学院学报](#) 2009, 8(3)
10. [申旭辉](#). [吴云](#). [单新建](#). [Shen Xuhui](#). [Wu Yun](#). [Shan Xinjian](#) [地震遥感应用趋势与中国地震卫星发展框架](#)[期刊论文]-[国际地震动态](#)2007(8)

引证文献(5条)

1. [魏矿灵](#). [王启春](#). [郭广礼](#). [贾鹏举](#) [利用遥感数据监测矿区开采沉陷积水变化](#)[期刊论文]-[煤矿安全](#) 2014(1)
2. [毕晓佳](#). [汪宝存](#). [徐华全](#). [张宁](#) [基于空间信息技术的地震灾害监测评估](#)[期刊论文]-[中国地质灾害与防治学报](#) 2012(2)
3. [芦少春](#) [王连元](#). [张守忠](#). [王兰霞](#) [基于遥感技术的鸡西矿区采煤塌陷调查](#)[期刊论文]-[黑龙江科技学院学报](#)

2010(5)

4. [高利鹏](#), [赵华亮](#), [刘明翔](#), [张华](#) [基于遥感影像不透水层估算的震后城区损坏面积评估](#)[期刊论文]-[遥感技术与应用](#)

2013(4)

5. [马露](#), [高会军](#) [陕西省主要煤矿区地面塌陷表现形式及其遥感响应](#)[期刊论文]-[中国煤炭地质](#) 2013(8)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjkjxyxb200901020.aspx