

多光谱遥感在重大自然灾害评估中的应用与展望

王福涛^{1,2}, 王世新^{1*}, 周 艺¹, 王丽涛¹, 阎福礼¹

1. 中国科学院遥感应用研究所, 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘 要 重大自然灾害发生后, 及时、准确的灾情评估对决策部门制定科学和有效的救灾减灾方案具有关键性的作用。多光谱遥感具有数据获取范围广、速度快等特点, 应用在灾害评估中具有非常大的优势和潜力。在我国近年来的多次重大自然灾害评估中, 多光谱遥感技术都发挥了重要的作用。该文首先以地震灾害、洪涝灾害和干旱灾害为例, 简要总结了多光谱遥感在重大自然灾害评估中的具体应用情况。其次对多光谱遥感在重大自然灾害评估在应用过程中存在的数据源相对不足和应用的广度和深度不够的问题进行了分析。最后对今后扩展多光谱遥感数据的获取手段、建立重大自然灾害遥感评估指标体系和完善多光谱遥感评估技术体系等发展方向进行了展望。

关键词 多光谱遥感; 灾害评估; 应用; 展望

中图分类号: TP75 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2011)03-0577-06

引 言

中国自然灾害十分频繁, 具有灾害种类多、范围广、程度深、危害大等特点, 给经济社会发展和人民生命财产安全带来严重影响, 也为灾害相关部门快速、高效的决策提出了更高的要求。灾害评估是在旧灾减灾过程中最先启动、最重要的环节之一, 它所提供的灾情评估结果, 将为决策部门制定有针对性、最大程度上减少损失的救灾、减灾方案提供客观依据。

多光谱遥感是利用多光谱扫描系统或多光谱摄影系统通过从可见光到热红外不同的狭窄波段区感应能量, 分别获得地物在不同谱段上影像的遥感技术。多光谱遥感不仅可以根据影像的形态和结构的差异判别地物, 还可以根据光谱特性的差异识别地物的具体情况, 扩大了遥感的消息量。从诞生之日起, 就以其具有的数据获取范围广、速度快、周期短和手段多等优点, 在灾害评估中发挥重要的作用, 受到世界各国的极大关注^[1]。尤其是伴随着国际上 IKONOS, EOS/MODIS, Spot-5, QuickBird, WorldView-1/-2, Geoeye-1 以及我国 HJ-1A /1B, CBERS-02B, 环境与灾害监测 A/B, 北京 1 号及海洋 1 号 B 等卫星或传感器的发射, 极大地推动了多光

谱遥感技术在重大自然灾害评估中的应用。本文以近年来对我国影响最大的地震灾害、洪涝灾害和干旱灾害为例, 对多光谱遥感技术在我国重大自然灾害评估的应用情况进行总结和分析, 并对今后发展方向进行展望。

1 多光谱遥感在重大自然灾害评估中的应用

1.1 地震灾害评估

多光谱遥感技术应用于地震灾害的调查和评估中最早开始于 20 世纪 60 和 70 年代的航空遥感。我国首次采用假彩色红外航空遥感技术评估地震灾害是 1976 年唐山大地震, 利用航空摄影获得的彩色红外影像进行了较详细的震害分级分类判读制图, 并建立了震害影像判读的认知模型^[2]。

在航天遥感发展初期(20 世纪 70 和 80 年代), 受空间分辨率的限制, 多光谱卫星遥感图像还不能像目视解译航空影像那样来直接用于震害的详细评估, 一般只能从宏观上分析地震造成的破坏, 定性地分析出地震造成的灾害损失的程 度, 而且基本是采用人工判读的方式进行^[1, 3]。20 世纪 90 年代以来, 随着多平台、多时相的多光谱遥感卫星的陆续升空, 特别是一系列高分辨率商业卫星的发射, 利用航天遥感影像进行震害评估得到了关注和应 用。震害评估方法也从以

收稿日期: 2010-05-24, 修订日期: 2010-09-02

基金项目: 中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX2-YW-Q03-07), 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2009AA12Z144, 2009AA12Z101)和国家科技支撑计划项目(2009BAK56B01-02)资助

作者简介: 王福涛, 1983 年生, 中国科学院遥感应用研究所博士研究生 e-mail: futaowang1@163.com

* 通讯联系人 e-mail: wsx@irsa.ac.cn

人工目视解译为主,向目视解译同计算机自动信息提取方法并重的方向发展。陆续出现了一系列遥感震害信息自动提取方法,比如基于光谱特征的图像代数变化检测法、光谱能级匹配法、最大似然判别分类方法、改进的遗传算法优化 BP 神经网络分类方法;基于纹理结构的统计纹理特征分析方法、结构纹理特征分析方法;面向对象的多尺度分割技术、基于对象的图像分层分析法、模糊聚类技术等^[4-7]。

在 2008 年汶川大地震的抗震救灾过程中,多光谱遥感发挥了重要信息源的作用,使得遥感技术在震害评估中得到了普及与提高。地震后,童庆禧、迟耀斌、魏成阶等立即组织利用北京一号小卫星多光谱影像制作了《四川汶川地震背景北京一号小卫星影像图》,并在该影像图上完成了汶川地震地质构造背景分析。这是汶川地震后第一幅供救灾用的遥感影像^[2]。王世新、王晓青、郭华东等利用灾前 SPOT-5 多光谱遥感数据结合灾后的 CBERS-02, QuickBird, Formosat-2 以及航空 ADS40 等多种多光谱遥感影像,对汶川、北川、茂县、绵竹等重灾区的房屋倒塌情况进行了评估,对房屋倒塌的空间分布特点及房屋倒塌同地震烈度的关系进行了深入的分析,并进行了运用形态学理论改进倒塌房屋信息自动提取算法的研究^[1, 8, 9]。黄晓霞、刘亚岚等分别利用 ADS40 和 Formosat-2 等多光谱遥感影像采用人机交互目视解译以及面向对象信息自动提取的方法对重灾区的主要公路损毁状况进行了详细评估,并实现了公路灾情信息集成与三维可视化^[10, 11]。苏凤环等根据泥石流、滑坡含水量较高和绿度指数较低的特点,利用 ETM+ 的多光谱和全色影像进行穗帽变换、影像差值增强、密度分割和掩膜处理建立了泥石流、滑坡快速提取模型^[12]。秦绪文等以多时相的 SPOT-5 多光谱遥感影像为数据源,在地学知识的支撑下,采用人机交互的方式解析了汶川地震形成的滑坡、泥石流次生地质灾害体,并运用地理信息叠加技术,探讨了四川省平武县次生地质灾害发生、分布与基础地质背景条件的关系^[13]。王世新、周艺等在汶川地震后利用 8m 空间分辨率的 Formosat-2 多光谱卫星图像监测到唐家山堰塞湖(湖水淹没了漩平羌族乡,情况十分严重),并以最快的速度报告党中央、国务院及相关部门,这是灾区最早报告唐家山堰塞湖的地震灾情监测评估报告。此后王世新、周艺、魏成阶、郭华东等对唐家山等堰塞湖采用多种遥感手段进行了长时间的动态监测评估,为堰塞湖问

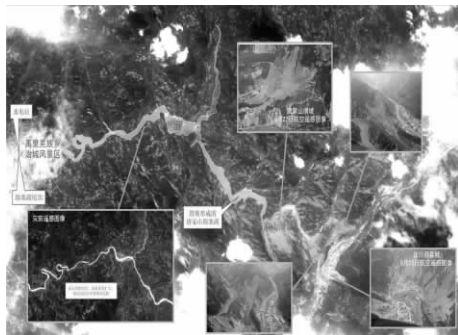


Fig 1 Monitoring and assessing the dynamics of Tangjianshan quake lake in Beichuan based on multi-spectral remote sensing

题的成功解决提供了决策依据(如图 1 所示)^[2]。

1.2 洪涝灾害评估

国外最早的洪涝遥感工作开始于利用 1972 年发射的 Landsat-1 卫星的 MSS(多光谱扫描仪)数据制作洪水淹没范围图。我国从 20 世纪 80 年代开始用多光谱遥感手段监测和评估洪涝灾害,并在这方面取得了大量的研究成果。1983 年水利部遥感技术应用中心就用地球资源卫星遥感影像调查了发生在三江平原挠力河的洪水,成功地获取了受淹面积和河道变化的信息。1991 年长江、洞庭湖、淮河、太湖等地发生严重洪涝灾害后,国家防汛抗洪总指挥部组织了遥感评估洪涝灾害的试验研究。戴昌达等人承担了应用 TM 图像提取长江中下游两条重要支流——滁河和水阳江流域的洪涝灾情程度研究。他们将民政部门沿用以农业减产减收幅度为主要标准的灾情等级,同由 TM 多光谱遥感数据的波段比值运算及 K-T 变换分析得到的遥感指标建立对应关系,进行自动识别分类,生成了精度较高的洪涝农业灾情分布图^[14]。

1998 年夏天,中国长江流域发生了历史上罕见的特大洪涝灾害,在抗洪救灾期间,王世新、邵云、郭华东、魏成阶等以 NOAA/AVHRR 气象卫星数据、RADARSAT 卫星 SAR 数据和国家 863 计划机载 SAR、陆地资源卫星 TM 数据、SPOT 数据为遥感信息源,开展了大量的灾情动态监测,并对九江段干堤决口的发展及地理背景成因进行了有效的监测评估和分析(如图 2 所示)。此外还重点开展了农作物损失评估、防洪工程有效性分析、险工险段调查分析、城市洪灾监测、工业区生命线工程易损性评估、灾后重建家园功能分区规划等分析评估工作。较客观地反映了实际受灾情况,为国家实施救灾、救助和灾后恢复重建提供了科学依据,监测评估结果得到中央政府的重视和采纳^[1, 15]。

20 世纪 90 年代末至 21 世纪初,由于遥感探测器在不同高度轨道平台上对地面目标进行探测,大大丰富了用于洪涝遥感监测的信息源,除沿用原有传统的 NOAA/AVHRR, TM, SPOT 资料外, EOS/MODIS 资料的应用开始增加,使得洪涝遥感监测图像信息更为丰富而且时效更高。李登科 2003 年利用 MODIS 遥感资料准确地对泥沙含量极高的洪水及其淹没区进行快速识别,并应用植被指数法和假彩色合成法提取了高泥沙含量洪水及其淹没区域,成功实现了渭河洪涝灾害监测评估^[16]。莫伟华通过分析 MODIS 与水体识别相关的 1~7 波段地物光谱图像特征及相关水体指数模型的识别效果,提出了新的水体指数模型(CIWI)。并应用在对 2004



Fig 2 Analyzing the environmental background of Jiujiang dike breach based on remote sensing

年7月和2005年6月发生在广西部分区域的洪涝灾害进行遥感监测评估,取得满意效果^[17]。

1.3 干旱灾害评估

多光谱遥感技术能够较为准确地提取一些地表特征参数和热信息,为我国的干旱监测评估提供了一个有利的途径。目前所利用的遥感干旱监测评估方法主要包括基于土壤热惯量的方法、基于区域蒸散量计算的方法、基于植被指数的方法和土壤水分光谱特征的方法等。

土壤热惯量是衡量土壤阻止温度变化能力的一个热特性参数,它与土壤水分之间有着很好的相关关系。土壤热惯量遥感模型在我国干旱检测中应用的研究起步于20世纪80年代末,并得到了长足的发展^[18]。张仁华等首先引入相对表观热惯量和相对余差热惯量,推算潜热通量,摆脱了温度和风场等因素的影响。接着用土壤受光面和阴影面、叶子受光面和阴影面的温差信息来建立热几何光学模型,将热惯量模型、热量平衡模型和几何光学模型结合起来,直接获得土壤水分和作物缺水指数,开辟了利用多角度遥感信息提取土壤水分的新途径^[19, 20]。田国良等用热惯性方法建立试验区土壤表观热惯量与土壤水分的关系,用其估算初始土壤含水量。并用NOAA/AVHRR数字图像和气象数据相结合的方法估算冬小麦地的蒸散,根据冬小麦的需水规律和土壤有效水含量构造了干旱指数模型^[21]。刘良明等详细分析了利用NOAA/AVHRR进行土壤湿度监测的三种土壤热惯量关系模型的特点,并将这些模型应用于湖北省干旱监测^[22]。

区域蒸散量方法是建立在能量平衡基础上的。目前,将遥感测量的表面温度和Penman-Monteith公式相结合,利用遥感影像反演地表反射率、地表比辐射率和地表表面温度的同时,辅助地面观测资料直接估算区域蒸散量的方法应用最为广泛。并针对不同的下垫面情况发展了单层、双层等模型。单层模型将土壤和植被作为一个整体的边界层来建立与大气间热交换模型,优点是简单,需要输入的数据和参数也比较少,在大尺度区域得到广泛的应用。申广荣等用单层模型计算地表蒸散量监测黄淮海平原的旱灾,基本满足准确、实时的需要^[23]。张长春等采用单层模型中已经实用化的SEBS模型,利用NOAA/AVHRR数据对我国重要的粮食和石油生产基地黄河三角洲区域蒸散量进行了研究,与同期降雨量对比确定了该地区的干旱程度^[24]。双层模型是将土壤和植被分开,分别建立土壤表面和植被冠层的热量平衡方程。经典的双层模型,引入了大量的参数,限制了其应用性。国内的许多学者则主要致力于经典双层模型的简化与改进。简化的双层模型能够直接使用遥感反演得表面温度来驱动模型,但是目前的模型大多是经验模型,经验参数较多,只适用于局地范围。

当植被受水分胁迫时,反映植被生长状况的遥感植被指数会发生相应得变化。目前国外已经开发出多种植被指数的干旱遥感研究方法,如比例用归一化植被指数(NDVI)、垂直植被指数(PVI)、全球植被水分指数(GVMI)、短波红外水分胁迫指数(SIWSI)、短波角度归一化指数(SANI)、垂直干旱指数法(PDI)、条件温度指数(TCD)等。这些方法在我国得到了广泛应用和发展。陈维英为了简洁地给出NDVI与短期

气候变化的双向指示特点,引入了距平植被指数(AVI),将NDVI的变化与天气气候研究中的“距平”概念联系起来,并在1992年干旱监测中得到很好的应用^[25]。杜灵通等利用SPOT VGT 1998—2006年NDVI序列数据,对宁夏2000年5月份出现的大旱进行了监测,结果表明利用距平植被指数可以较准确地监测出干旱出现的程度、区域分布和受灾面积^[26]。王鹏新等提出了条件植被温度指数(VTCDI)模型,并用该模型对陕西省关中东部部分地区春季干旱进行了监测^[27]。于君明将SANI引入到GVMI模型的农作物水分含量监测中,提出了一种新的反演农作物水分含量的模型——G/S模型,有效的解决了农作物水分含量监测中土壤背景的影响问题,并在黄淮海平原得到应用^[28]。应用G/S模型利用MODIS影像对云南省2010年3月初的干旱进行评估(如图3所示)。评估结果显示全省绝大部分县都处于干旱状态,特别是滇中、滇东、滇西东部的大部分地区处于严重干旱的状态,这和当地气象部门实地检测的结果是一致的,说明了该模型在我国的西南地区也具有一定的适用性。除直接应用以上植被指数模型外,将植被指数和温度相结合的方法近年来也得到了特别的关注。齐述华等利用MODIS植被指数和陆地表面温度产品建立全国三个农业气候区的NDVI-Ts, NDVI- Δ T和NDVI-ATI空间,并分别建立温度植被干旱指数(TVDI)、温差植被干旱指数(DTVDI)和表观热惯量植被干旱指数(AVDI)三个干旱评价指标研究全国干旱分布^[29]。张春桂等采用基于植被指数(VI)和地表温度(LST)的遥感模型对2000年以来福建省三起比较严重的干旱灾害进行监测分析,结果表明VI-LST遥感模型能客观地反映地表水分供应状况,较好地反映区域旱情的空间分布和旱情动态发展过程^[30]。

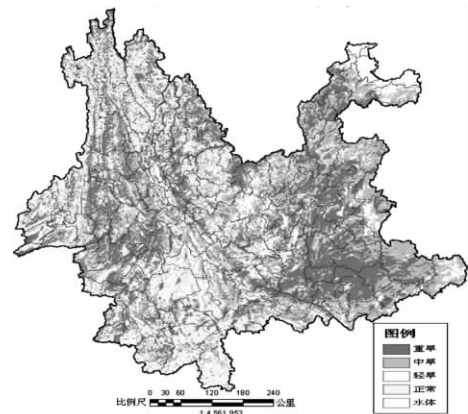


Fig 3 Assessing the drought state in Yunnan province early in March 2010 based on multi-spectral remote sensing

在土壤水分光谱特征方法方面,刘培君等用分解象元法排除植被干扰来提取土壤水分光谱信息,采用土壤水分光谱法并借助回归分析建立土壤水分遥感的TM数据模型,并以此为桥梁,建立了AVHRR数据模型—以实现大面积干旱监测^[31]。杜晓基于水分对地物的波谱反射率影响符合水的波谱曲线。通过分析水的吸收曲线及MODIS数据的第6和第7波段的分布特点,考虑农作物和土壤的混合差异,提出了

一种反演土壤水分含量的指数(SWCI)。SWCI从水的吸收对植被和土壤反射率波谱的综合影响入手,直接获取其地表水分含量指标,对提高浅层土壤墒情的精度有比较好的效果^[32]。张红卫根据植被指数本身固有的优点与缺陷,结合表层土壤水分含量 SWCI本身的优点与缺点,将两种指数优势互补,构建了新的农田干旱监测指数—农田浅层土壤湿度指数(CSMI),使得农田土壤湿度的遥感监测精度大为提高^[33]。

2 存在的问题及展望

虽然多光谱遥感在我国的重大自然灾害评估中已取得了一定的应用成果并发挥着重要的作用,但还存在着很多问题值得我们去研究和解决。

(1)多光谱遥感数据源相对不足的问题。平时卫星地面站接收的大量数据往往只能作为历史数据存档,但当重大灾害发生时,特别是在应急救援阶段需要大量实时数据时,由于高空间分辨率的多光谱卫星重返周期较长或灾区天气状况影响严重等原因,能及时获得的高质量多光谱遥感数据却远远不够。

(2)应用的广度和深度不能完全满足实际工作需要的问题。①在时效性、精度及适用性方面,基于目视解译的灾情信息提取与评估,虽然在精度和可靠性上具有很大的优势,但由于工作量大、效率低等原因需要过长的时间;而基于灾情信息自动提取与评估的研究方法具有较好的时效性,但在精度和可信度上还有待提高;此外由于自然系统的复杂性,很多评估模型的应用都有时间和空间上的限制,地域的差异和季节的不同将导致这些模型可用性有不同程度的降低。②在与政府相关部门灾害评估具体工作衔接方面,由于缺乏统一的标准、规范和评估指标体系,基于多光谱遥感的重大自然灾害评估还仅主要用于灾害的监测和应急阶段,且评估的指标离他们的需求无论是在种类还是在详细程度上都还有很大的差距。

针对多光谱遥感在我国的重大自然灾害评估应用中的不

足,对其今后的发展方向及需要开展的进一步工作进行如下展望。

(1)扩展多光谱遥感数据的获取手段。在加快多种遥感数据融合研究的基础上,重视现代小卫星系统、航空系统、无人机系统、飞艇系统的研究与应用,特别是推动基于多颗卫星组网飞行模式的小卫星星座和无人机系统的进一步发展将极大提高多光谱遥感数据的可得性。此外,加强国际合作、建立国家高分辨率影像基础数据和灾害遥感信息共享平台的也是提高获取灾情遥感数据速度的有效途径。

(2)建立重大自然灾害遥感评估指标体系。这项工作可以从3个方面进行研究:①通过对主要灾害管理部门采用的灾害评估统计制度、相关的国标和行业标准的收集整理,形成我国重大自然灾害评估综合指标体系;②结合遥感的具体特点和功能对这些常规指标进行可遥感性分析,选择可直接遥感和间接遥感获取的指标形成重大自然灾害遥感评估指标体系;③通过对实际工作中不同空间尺度和时间尺度的需求分析,对重大自然灾害遥感评估指标体系进行优化。这样建立的具有实用化、业务化和量化特点的评估指标体系,在灾害的监测应急阶段以及灾后恢复、重建阶段都将发挥重要的指导作用。

(3)完善多光谱遥感评估技术体系。①加强多光谱遥感数据的快速处理、灾情信息有效提取等实用技术的研究,减少由于混合像元、尺度效应、不确定性等问题对评估精度的影响;②加强多光谱遥感评估模型机理的研究,将遥感模型和水文模型、气象模型、作物生长模型、生态系统模型以及经济(人口)空间展布模型紧密结合,力求建立稳定的、较少依赖于非遥感数据的灾害损失评估模型。③加快遥感、地理信息系统、全球定位系统、应急救援指挥系统、网络通信技术的系统集成,建立可持续运行的“重大自然灾害灾情遥感监测评估业务运行系统”,并编制自然灾害遥感应急预案和自然灾害遥感监测技术规程,以达到评估开展的有效性和统一性。

References

- [1] WANG Shi-xin, ZHOU Yi, WEI Cheng-jie, et al(王世新, 周 艺, 魏成阶, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2009, 13(Suppl.): 364.
- [2] WEI Cheng-jie(魏成阶). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2009, 13(Suppl.): 332.
- [3] WEI Cheng-jie, LIU Ya-lan, WANG Shi-xin, et al(魏成阶, 刘亚岚, 王世新, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2008, 12(5): 673.
- [4] ZHANG Jing-fa, XIE Li-li, TAO Xia-xin(张景发, 谢礼立, 陶夏新). Journal of Natural Disasters(自然灾害学报), 2002, 11(2): 59.
- [5] WANG Qin-jun, LIN Qi-zhong, LI Ming-xiao, et al(王钦军, 蔺启忠, 黎明晓, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2009, 29(4): 1018.
- [6] CHEN Wen-kai, HE Shao-lin, ZHANG Jing-fa, et al(陈文凯, 何少林, 张景发, 等). Northwestern Seismological Journal(西北地震学报), 2008, 30(1): 88.
- [7] Tralli David M, Blom Ronald G, Zlotnicki Victor, et al. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2005, 59: 189.
- [8] WANG Xiao-qing, WANG Long, WANG Yan, et al(王晓青, 王 龙, 王 岩, 等). Technology for Earthquake Disaster Prevention(震灾防御技术), 2008, 3(3): 251.
- [9] Guo Huadong, Lu Linlin, Ma Jianwen, et al. Chinese Science Bulletin, 2009, 54: 3303.
- [10] Huaqng Xiaoxia, Wei Chengjie, Li Hongga. Journal of Applied Remote Sensing, 2009, 3(3): 115.

- [11] LIU Ya-lan, ZHANG Yong, REN Yu-huan, et al(刘亚岚, 张勇, 任玉环, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2008, 12(6): 933.
- [12] SU Feng-huan, LIU Hong-jiang, HAN Yong-shun(苏凤环, 刘洪江, 韩用顺). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2008, 12(6): 956.
- [13] QIN Xu-wen, ZHANG Zhi, YANG Jun-jie, et al(秦绪文, 张志, 杨军杰, 等). Geological Science and Technology Information(地质科技情报), 2009, 28(2): 12.
- [14] DAI Chang-da, JIANG Xiao-guang, TANG Ling-li(戴昌达, 姜小光, 唐伶俐). Application of Remote Sensing Image Processing and Analysis(遥感图像应用处理与分析). Beijing: Tsinghua University Press(北京: 清华大学出版社), 2004. 298.
- [15] WEI Cheng-jie, WANG Shi-xin(魏成阶, 王世新). Chinese Academy of Sciences Journal(中国科学院院刊), 1998, 13(6): 443.
- [16] LI Deng-ke(李登科). Journal of Catastrophology(灾害学), 2005, 20(3): 29.
- [17] MO Wei-hua(莫伟华). Based on EOS/MODIS Satellite Data in Flood Disaster Monitoring Applications of Remote Sensing Technology Research(基于EOS/MODIS卫星数据的洪涝灾害遥感监测应用技术研究). Nanjing: Nanjing Information Engineering University(南京: 南京信息工程大学), 2006.
- [18] CHEN Xiao-ling, ZHAO Hong-mei, TIAN Li-qiao(陈晓玲, 赵红梅, 田礼乔). Model and Application of Environmental Remote Sensing(环境遥感模型与应用). Wuhan: Wuhan University Press(武汉: 武汉大学出版社), 2008. 188.
- [19] ZHANG Ren-hua, SUN Xiao-min, ZHU Zhi-lin, et al(张仁华, 孙晓敏, 朱治林, 等). Science in China(Series D)(中国科学, D辑), 2002, 32(12): 1041.
- [20] ZHANG Ren-hua, SU Hong-bo, LI Zhao-liang, et al(张仁华, 苏红波, 李召良, 等). Science in China(Series E)(中国科学, E辑), 2000, 30: 45.
- [21] TIAN Guo-liang, YANG Xi-hua, ZHENG Ke(田国良, 杨希华, 郑柯). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 1992, (2): 83.
- [22] LIU Liang-ming, LI De-ren(刘良明, 李德仁). Journal of Surveying and Mapping, Wuhan University of Technology(武汉测绘科技大学学报), 1999, 24(4): 300.
- [23] SHEN Guang-rong, TIAN Guo-liang(申广荣, 田国良). Agricultural Research in the Arid Areas(干旱地区农业研究), 1998, 16(1): 123.
- [24] ZHANG Chang-chun, WANG Xiao-yan, SHAO Jing-li(张长春, 王晓燕, 邵景力). Resources Science(资源科学), 2005, 27(1): 86.
- [25] CHEN Wei-ying, XIAO Qian-guang, SHENG Yong-wei(陈维英, 肖乾广, 盛永伟). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 1994, (9): 106.
- [26] DU Ling-tong, LI Guo-qi(杜灵通, 李国旗). Soil and Water Conservation Bulletin(水土保持通报), 2008, 28(2): 153.
- [27] WANG Peng-xin, GONG Jian-ya, LI Xiao-wen(王鹏新, 龚健雅, 李小文). Journal of Wuhan University (Information Science Edition)(武汉大学学报·信息科学版), 2001, 26: 412.
- [28] YU Jun-ming(于君明). Research on the Monitoring Models of Crop Vegetation Water Using Remote Sensing(农作物水分状况遥感探测方法研究). Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences(北京: 中国科学院研究生院), 2007.
- [29] QI Shu-hua, LI Gui-cai, WANG Chang-yao, et al(齐述华, 李贵才, 王长耀, 等). Advances in Water Science(水科学进展), 2005, 16(1): 56.
- [30] ZHANG Chun-gui, CHEN Jia-jin, LIN Jing, et al(张春桂, 陈家金, 林晶, 等). Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)(福建农林大学学报·自然科学版), 2008, 37(4): 409.
- [31] LIU Pei-jun, ZHANG Lin, ALISHIR Kurban, et al(刘培君, 张琳, 艾里西尔·库尔班, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 1997, 1(2): 135.
- [32] DU Xiao(杜晓). Monitoring and Spatio-Temporal Evolution Researching on Vegetation Leaf Water(农作物叶面水遥感监测及其时空特征分析). Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences(北京: 中国科学院研究生院), 2006.
- [33] ZHANG Hong-wei(张红卫). Remote Sensing Dynamic Monitoring for Spring Drought of Winter Wheat in Henan Province with the EOS/MODIS data(基于EOS/MODIS数据的河南省冬小麦春季干旱遥感动态监测研究). Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology(南京: 南京信息工程大学), 2009.

Application and Prospect of Multi-Spectral Remote Sensing in Major Natural Disaster Assessment

WANG Fu-tao^{1, 2}, WANG Shi-xin^{1*}, ZHOU Yi¹, WANG Li-tao¹, YAN Fu-li¹

1. The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract After the occurrence of major natural disasters, it is of great significance that disaster states are assessed timely and accurately for decision-making departments to draw up effective response programs. Multi-spectral remote sensing has a great advantage and potential in disaster assessment, with the characteristics of a wide range of data acquisition, high speed, etc. In several major natural disaster assessments in China, multi-spectral remote sensing technology has played an important role. Firstly, the present paper takes earthquake disasters, floods disasters and drought disasters as examples to summarize the specific applications of major natural disaster assessment based on the multi-spectral remote sensing. Secondly, in these specific applications they suffer from both relative shortage of data sources and limited breadth and depth of application; both of these problems are analyzed. Finally, the future development direction of major natural disaster assessment based on the multi-spectral remote sensing, such as the expansion of multi-spectral remote sensing data acquisition means, the establishment of major natural disasters assessment index system based on remote sensing, and the improvement of the assessment technology system based on multi-spectral remote sensing are also discussed.

Keywords Multi-spectral remote sensing; Disaster assessment; Application; Prospect

(Received May 24, 2010; accepted Sep. 2, 2010)

* Corresponding author

《光谱学与光谱分析》对来稿英文摘要的要求

来稿英文摘要不符合下列要求者，本刊要求作者重写，这可能要推迟论文发表的时间。

1. 请用符合语法的英文，要求言简意明、确切地论述文章的主要内容，**突出创新之处**。

2. 应拥有与论文同等量的主要信息，包括四个要素，即研究目的、方法、结果、结论。其中后两个要素最重要。有时一个句子即可包含前两个要素，例如“用某种改进的 ICP-AES 测量了鱼池水样的痕量铅”。但有些情况下，英文摘要可包括研究工作的主要对象和范围，以及具有情报价值的其他重要信息。在结果部分最好有定量数据，如检测限、相对标准偏差等；结论部分最好指出方法或结果的优点和意义。

3. 句型力求简单，尽量采用被动式，通常应有 2000 个印刷字符，300 个英文单词为宜，不能太短；也不要太长。用 A4 复印纸单面隔行打印。

4. 摘要不应有引言中出现的内容，换言之，摘要中必须写进的内容应尽量避免在引言中出现。摘要也不要对论文内容作解释和评论，不得简单重复题名中已有的信息；不用非公知公用的符号和术语；不用引文，除非该论文证实或否定了他人已发表的论文。缩略语、略称、代号，除相邻专业的读者也能清楚地理解外，在首次出现时必须加以说明，例如用括号写出全称。