

李强, 张景发, 2017. 高光谱遥感技术在建(构)筑物震害识别中的应用探究. 震灾防御技术, 12(1): 96-106.  
doi: 10.11899/zzfy20170110

# 高光谱遥感技术在建(构)筑物震害识别中的应用<sup>1</sup>

李 强<sup>1, 2)</sup> 张景发<sup>2)</sup>

- 1) 中国地震局工程力学研究所(中国地震局工程与工程振动重点实验室), 哈尔滨 150080  
2) 中国地震局地壳应力研究所(地壳动力学重点实验室), 北京 100085

**摘要** 高光谱遥感作为 20 世纪空间对地观测技术重大进步的产物, 通过其较高的光谱分辨率, 为人们提供了丰富的地球表面信息, 在各个研究领域得到了快速发展和广泛应用, 并取得了卓越的成果。尽管高光谱遥感具有独特的优势, 但是针对其在震害评估领域中应用的相关研究较少。本文在总结高光谱遥感的特征、优势及不同领域应用现状的基础上, 开展了其在震害评估领域的应用研究。基于 ASD 地物波谱仪获取的建(构)筑物光谱曲线构建可用于震害分析所需的光谱特征库, 对比光谱库中地物曲线之间的差异后, 发现高光谱遥感在震害评估领域中的应用是可行的, 因不同震害地物之间的光谱特征曲线存在差异, 依据这种差异可区分不同的震害信息, 从而对震害遥感图像进行精细分类。

**关键词:** 高光谱遥感 光谱特征 地物光谱库 震害评估

## 引言

空间对地观测技术是 20 世纪科技发展的重大成果, 以卫星为基础的遥感技术可实现远距离非接触性地球观测(杨哲海等, 2003)。近几十年来, 随着遥感平台、传感器及计算机技术的快速发展, 遥感技术逐渐向微波和高光谱方向发展。高光谱遥感在 20 世纪 80 年代出现, 其光谱分辨率达到纳米量级, 形成的空间影像中的每个像素都具有其对应的光谱特征, 提高了人类对客观世界的认识能力(童庆禧, 2008)。

经过 20 多年的发展, 利用高光谱遥感较高的光谱分辨率能获取较常规遥感手段更为详细的地面信息, 受到了国内外对地观测研究领域及其他领域学者的关注, 从数据获取到数据的处理与应用等方面都得到了快速的发展。高光谱遥感已在地球科学的各个领域, 如精细农业、林业调查、大气环境监测、地质找矿及制图、识别伪军事目标和海洋生物等得到了广泛的应用, 并逐渐起到了越来越重要的作用。在海洋遥感方面, 利用高光谱遥感光谱响应范围广、分辨率高的优势, 可以有效探测水色、水温等, 同时可用于探测海洋水体表面油层、海水中叶绿素浓度、深海中物质的分布、海水中污染物的浓度等。通过研究海水中不同物质成分的

**1 基金项目** 国家自然科学基金项目(41374050)和国家高技术研究发展计划(863 计划)(2012AA121304)  
[收稿日期] 2016-03-17  
[作者简介] 李强, 男, 生于 1987 年。博士研究生。研究方向为遥感震害评估。E-mail: liqiang08@163.com

光谱特征，了解深海层中物质的分布，更好地为海洋探测提供依据。在植被研究方面，由于不同植冠的组成成分不同，利用高光谱光谱范围窄、光谱连续的特点，可提取植被覆盖度、植被干物质信息及监测植被多样性等，还可以利用高光谱遥感监测植冠成分的变化，得到受病虫害或大气环境等影响的情况（宫鹏，1998）。在精细农业方面，高光谱遥感可以监测农作物长势，提取农作物含水量、叶面指数等参数，定量评估农作物产量，同时可以探测农作物土壤含水量、矿物质的含量等，为精细农业提供技术保障（刘伟东，2002）。在地质调查方面，高光谱具有很多不同于宽波段遥感的特点，利用波段窄的优势可以精确地探测到岩石中不同矿物质的存在，根据光谱曲线的不同，区分不同的矿物质组成成分（张成业等，2015）。高光谱遥感在蚀变带及蚀变矿物、油气探测、矿物识别与填图等方面也应用广泛。赵志芳等（2012）等利用 ASTER 影像数据对云南省保山市矿区矿化异常信息进行提取，利用 USGS 和 AUS 矿物光谱库，得到铁染蚀变异常信息，取得了比较好的效果。在军事侦察、伪装识别方面，由于目标经常隐藏在与自身色调一致的地物中，通过肉眼无法区分识别，依靠高光谱技术光谱分辨率高的优势，根据目标与伪装材料光谱特征的不同，能够在成像光谱仪获取的影像中快速准确地捕捉伪装目标。

高光谱遥感不同于传统的多光谱遥感技术，其在光谱分辨率上具有独特优势，可探测到地物目标的细节信息。归纳其特点及优势如下（杨国鹏，2007；路威，2005）：

（1）波段多，波段连续，光谱分辨率高。在 250—2500nm 的全波段光谱范围内，高光谱遥感的光谱分辨率一般小于 10nm，使得波段数目具有成百上千个，从而获得近乎连续的光谱曲线。

（2）数据量大，信息冗余增加。较常规的遥感影像，高光谱遥感影像具有高数十倍的波段数目，数据量较为庞大。影像波段越多，数据量越大，两者成指数关系；随着波段数目增多，波段之间的相关性变大，使得冗余信息量变大。

（3）数据描述模型多，分析灵活。高光谱遥感影像具有与常规遥感影像同样的图像模型和特征模型，同时因光谱分辨率较高，增加了光谱模型，使得地物识别能力得到了极大提高，能够精细探测到地表地物信息及覆盖材料等。

（4）反演定量化信息。高光谱影像涵盖的信息更加丰富，使得定量反演地表地物状态成为可能。

高光谱遥感具有独特的特征和优势，近年来在数据获取及特征分析技术方面获得了快速的发展，其影像数据也广泛应用于不同的行业，这项技术在地物精细分类、地质目标识别、地质灾害识别与趋势预测中占据着重要的位置。但在地震灾害识别领域，一方面受数据源获取的制约，另一方面受光谱特征分析与灾害地物识别技术的影响，针对高光谱遥感技术在震害目标识别方面的应用还未开展系统的研究。本文在分析高光谱技术在地震监测应用的基础上，通过构建简单的典型震害地物光谱库与分析地物目标的特征差异，探究其在震害目标识别中的应用，为后续开展高光谱震害识别系统研究奠定基础。

## 1 高光谱遥感发展现状及其在地震监测中的应用

### 1.1 高光谱遥感发展现状

1983 年，美国国家航空和航天管理局（NASA）喷气推进实验室设计研制了世界上第一台航空高光谱成像仪，获取的影像数据成功应用于地质填图、植被研究等领域，受到众多发

达国家及研究者的重视。进入 90 年代后,各个国家均开始研制光谱成像仪,经过一段时间的发展,研制成功的一系列不同类型的高光谱成像系统在不同研究领域得到了广泛的应用,取得了丰硕的成果。到目前为止,高光谱遥感的相关研究已经产出了足够的可用于解决实际应用问题的技术方法,正由实验室研究阶段向实际应用过渡。

前期高光谱影像主要以航空影像为主。随后航天高光谱传感器研制成功,装载 MODIS 传感器的 Terra 卫星、美国 NASA EOS 计划中的 Aqua 卫星、装载 GLI 传感器的日本 ADEOS-II 卫星分别于 1999、2002 年相继发射升空,标志着高光谱遥感技术已经步入与航空和航天相结合的阶段。2000 年澳大利亚成功发射了一颗具有 65 个波段的光谱成像小卫星 (ARIES),其波段涵盖了可见光、短波红外、近红外波段,卫星以地质勘测和矿藏资源作为主要遥感对象。2002 年 3 月欧洲空间局 (European Space Agency, ESA) 发射了装载有 10 个卫星探测器的 ENVISAT 卫星,其中搭载的 MERIS 卫星探测器为高光谱成像仪,其获取的影像波段有 15 个。2000 年携带高级陆地成像仪 (Advanced Land Imager, ALI) 和高光谱成像仪 (Hyperion) 的美国地球观测 1 号 (Earth Observing-1, EO-1) 系统以及携带海洋海岸成像光谱仪的 HRST 卫星的相继升空 (EO-1 User Guide, 2003),为高光谱技术的研究、实验提供了大量的数据。与此同时,我国密切关注国外高光谱技术的发展,并且结合我国的实际需求,在光谱成像仪研制方面也取得了较大的进步。针对某种特定的需求,相继研制成功了各自的专题应用光谱仪,如 IR/UV 海洋环境遥感监测专用扫描仪、VIS/MIR/IR 森林火灾探测专用扫描仪、FIMS/ATIMS 遥感地质矿物识别多光谱扫描仪等。2002 年 3 月“神舟三号”飞船携带着中国科学院研制的中分辨率光谱仪升空,影像波段既包括可见光近红外波段,又包括短波红外、热红外波段,获取的影像空间分辨率为 500m,使得中国航空成像光谱仪技术达到世界先进水平,从而更好地为地球全面观测和监测提供服务 (胡秀清等, 2009)。

在典型地物目标光谱特征数据库建设技术方面,美国最早开始进行研究,并建立了喷气推进实验室 (Jet Propulsion Laboratory, JPL) 波谱数据库和美国地质调查局 (United States Geological Survey, USGS) 波谱数据库,2 个数据库免费开放,可供全球相关研究人员下载应用。除此之外,还有 ASTER 和 IGCP-264 2 个经典的波谱数据库,其涵盖了地表绝大部分地物的光谱曲线。除了通用的波谱数据库之外,同时也针对特定用途建立了专门的更为精细、更能满足专业应用的专业数据库,如英国为研究海水颜色的变化模型搭建的海水光谱数据库。国内经过近几年的发展,也取得了较大成果,尤其在光谱分析与数据库构建方面成果斐然。20 世纪 90 年代初,中国科学院光机所、遥感所等单位通过野外采集典型地物光谱曲线、室内补充部分曲线的方法获取了一批光谱曲线,基于此,构建了我国第一个光谱数据库。此数据库涵盖的地物类型丰富,类别多样,是一个综合性的光谱数据库。1988 年中国国土资源遥感航空物探与遥感中心针对行业应用,采集整理了地质行业中岩石矿物的光谱曲线,构建了典型矿物光谱数据库,从性质上来讲,此数据库为一个专业数据库。2000 年中国科学院遥感和数字地球研究所收集整理了地物光谱并建立了典型地物数据库及管理系统,系统实现了波段曲线的动态生成和传感器波段模拟功能。

自 20 世纪 80 年代开始至今,地物波谱仪、航空、航天高光谱成像仪得到了快速地发展,大幅度提高了高光谱影像光谱分辨率。美国 Hyperion 卫星波段数目为 220,影像空间分辨率为 30m (Kruse 等, 2011); 德国、意大利、加拿大等国家计划发射 ENMAP、HERO、PRISMA 卫星空间分辨率均为 30m (Kruse 等, 2011; Mielke 等, 2014, Bergeron 等, 2008; Rogge

等, 2014); 我国 2008 年发射升空 HJ-1A 卫星波段数目为 115 个, 空间分辨率为 100m, 2011 年发射升空的“天宫一号”的空间分辨率为 20m 和 30m, 是我国到目前为止空间分辨率最高的成像光谱仪(周子勇, 2014), 即将发射升空的“高分五号”卫星空间分辨率也为 30m。大型计算机及数据处理技术提高了遥感影像信息处理的效率, 同时使得信息处理的算法不断更新完善, 光谱分辨率的提升及典型地物光谱特征数据库的完善, 使得利用高光谱探测原先传统遥感无法探测到的信息成为可能。

## 1.2 高光谱遥感在震害识别中的应用

随着高光谱传感器的陆续发射、遥感数据种类的增多以及影像图像处理技术与应用能力的不断提高, 高光谱遥感与传统遥感相比具有更强的精细地物识别能力和定量反演能力, 在微观方面表现更突出。目前, 在地震相关的工作中基于高光谱遥感技术展开了一系列的研究, 但是其应用并不成熟, 仅有的一些应用是利用高光谱数据探测地震气体地球化学信息, 以探讨地震活动并预测未来地震的空间位置(崔月菊等, 2011)。地震的发生是由断层的相对运动造成的, 断层的错动会引起近地表气体、湿度、温度等变化, 高光谱遥感影像能捕捉到细微异常信息的变化, 尤其是与地震相关的 CO、水汽、O<sub>3</sub>、气溶胶与温度变化异常, 通过对异常变化信息进行分析判断地震强度与空间分布位置, 进而达到检测地震的目的。国内外的相关研究已证实近地表断层的异常与地震的发生紧密相关, 如姚清林等(2005)分析缅甸北部 M<sub>S</sub> 6.9 地震时期的高光谱影像发现, 震前震中附近地表显示出 CO 含量异常; Singh 等(2001a)发现 2001 年印度 Gujarat M<sub>S</sub> 7.8 地震的震前影像也存在 CO 含量异常; 郭广猛等(2006)发现 2002 年台湾 M<sub>S</sub> 7.5 地震影像也存在 CO 含量异常。除此之外, 崔丽华(2009)对比分析 2001 年印度 Gujarat M<sub>S</sub> 7.8 地震前后遥感影像发现, 震后震中附近近地表位置存在水汽增高的异常现象, 除此之外, 在 1985 年墨西哥 Michoacan M<sub>S</sub> 8.1 地震(Pulinets 等, 2007)和 2008 年汶川 M<sub>S</sub> 8.0 地震(Okada 等, 2004)中也发现了地震前后震中位置水汽含量出现了增高异常。此外, Ganguly(2011)分析 2006 年印度 Gujarat M<sub>S</sub> 5.5 地震影像发现地震引起了 O<sub>3</sub> 浓度和大气气溶胶异常变化, 这些异常变化在 2002 年 11 月的 Denali 地震(Singh 等, 2007)和 2010 年 1 月 12 日的海地地震(Singh 等, 2010b)中也被监测到。以上研究表明, 高光谱遥感技术可以在一定程度上监测地表气体化学异常, 从而反演地震发生的空间位置与大致时间, 但引起地球化学异常的因素复杂多样, 其成因机制也较复杂, 遥感影像探测到的变化异常是否是由地震断层错位引起还未有明确的解释。

随着高光谱技术的发展, 不同地物信息定量化提取及光谱数据自动化处理技术成为高光谱遥感研究领域的热点与难点。光谱特征曲线的丰富及自动识别的实现为高光谱应用领域的拓宽提供了良好的基础。

## 2 高光谱遥感在震害识别中的应用

与地震化学监测技术相比, 高光谱遥感在震害识别中的应用研究相对较少, 国内外并未有系统的研究。由于地震破坏, 地震地区下垫面特征与环境显得异常复杂。现阶段地震遥感调查过程中, 采用的多光谱遥感影像具有较高的空间分辨率, 能识别地物的空间位置与破坏情况, 但是其光谱分辨率较低, 在地物的精细过程中, 普遍存在“同物异谱”和“异物同谱”的现象, 从而影响地物提取精度。高光谱遥感影像将原有的波段范围进行细化分段, 使得探测的地物光谱曲线更加精细, 目标种类的数量也相应的增多, 从而实现地物的精细分类。地

震造成的地物破坏可引起影像相对应的光谱特征发生变化,不同的地物目标具有不同的光谱特征,通过识别其曲线的差别,将精细光谱特征与空间位置特征相结合,实现多特征信息的融合,以开展高光谱震害信息提取与震害评估研究,实现高光谱遥感影像震害目标的探测。

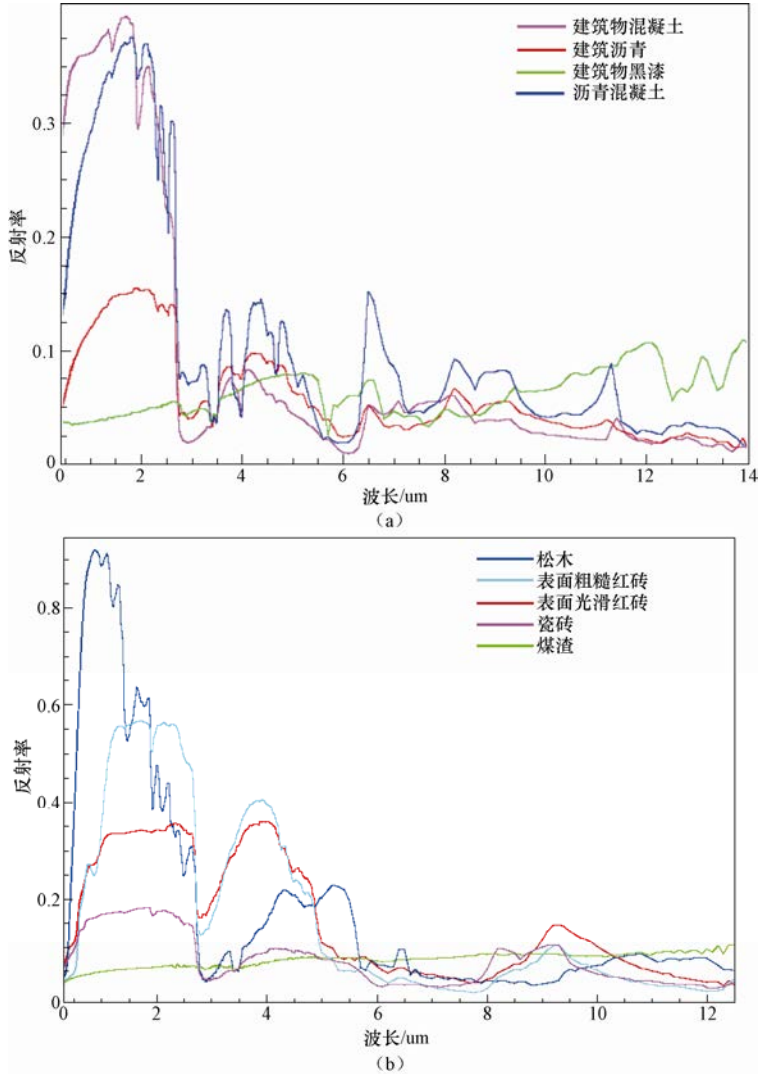


图 1 不同建筑物材料光谱特征曲线

Fig. 1 Spectral characteristic curves of different building materials

图 1 (a) 为几种不同建筑材料的光谱特征曲线。从图中可看出,建筑物混凝土与沥青混凝土的光谱曲线波形相似,但是在 300—1200nm 波长范围内,其反射率存在差异,沥青混凝土的反射率大于建筑物混凝土。建筑沥青及建筑黑漆指建筑物屋顶铺设沥青层或涂上黑漆,两者的光谱曲线在 0—300nm 波长范围内可与混凝土区分开。建筑物屋顶的沥青或黑漆可在 600nm 波长附近进行区分,黑漆的光谱曲线在附近存在一个波谷,而沥青不存在。

图 1 (b) 为表面光滑和粗糙红砖、松木、煤渣、瓷砖这几种常见建筑物材料的光谱曲线。可以看出,不同建筑材料的光谱曲线是不同的。即使相同的建筑材料,因表面光滑程度不同

其光谱曲线也存在差异，如表面光滑与粗糙的红砖，在波长为 50—270nm 范围内，其反射率存在很大的差异，尤其在波长为 80nm 附近，表面粗糙的红砖存在一个波峰及波谷，而光滑的红砖反射率没有变化。

建筑物房屋、道路由不同的建筑材料构成，而不同建筑材料具有不同的光谱特征，收集整理这些光谱特性曲线并建立典型震害特征光谱库，利用震后获取的震区高光谱遥感影像与标准震害光谱库进行匹配，分析倒塌建筑物、损毁道路形成的碎屑与周边地物光谱特征的差异，便可快速精细地实现倒塌建筑物及损毁道路的提取，进而实现震害损毁程度遥感定量化评估。基于高光谱遥感影像的震害信息识别技术流程如图 2 所示。

### 3 典型震害地物目标识别

基于上述理论与流程，设计野外光谱数据采集实验。收集城市典型地物的光谱曲线，初步构建地物光谱特征库。地震发生时，震害地物主要表现为建筑物的破坏倒塌与道路的损坏。本文实验中选择的物目标材料为建构筑常用的建筑材料，虽未处于震区，但在光谱采集过程中选取部分建构筑物破碎地带或边缘进行光谱收集，因此曲线一定程度上能反映震害地物目标的特征。实验采用美国 ASD (Analytical Spectral Devices) 公司的 FieldSpec 3 便携式地物波谱仪，采集时间选择光照强度良好的 10 时到 14 时，以满足光谱采集光照强度要求。实验共采集 14 种地物光谱曲线，每种地物至少采集 3 个样本，每个样本采集 10 条光谱曲线，采集的地物类型归纳为 3 类，分别为道路、建筑物屋顶和建筑物墙体。剔除坏的光谱曲线，统计计算获取的每种地物样本光谱曲线的均值并将其作为最终参考曲线。

图 3 为实验采集的 3 种不同材质道路的光谱曲线。分析图 3，可以发现不同材质的道路在 300—1100nm 波长范围内反射率具有明显的差异，水泥道路的反射率最高，土质道路的反射率其次，沥青道路的反射率最低。通过获取的高光谱影像中反射率的差异便可区分提取不同材质道路信息。地震发生时，道路损毁情况主要分为 2 种，一种是地震的直接作用导致路基毁坏、路面断裂、塌陷、隆起，造成车辆无法通行；二是地震间接作用，如滑坡、泥石流、崩塌等地震诱发的次生灾害导致道路被掩埋或路面上存有崩落的大块滚石。地震直接作用导致的道路损毁因出露新鲜断面或露出底部泥土，导致与原路面的反射率不同，可直接提取损毁道路段；地震次生灾害导致的道路损毁情况下大量的堆积物在路面上，便可通过分析反射率获得堆积物所在的区域，从而达到提取损毁道路的目的。

图 4 为实验采集的 5 种不同材质的屋顶和墙体的光谱曲线。由图 4 分析，可发现墙体涂层的反射率最高，石棉瓦材质屋顶的反射率最低。在 500—900nm 范围内，铁皮屋顶反射率降低，在 700nm 时达到谷底，而大理石墙体在此范围内反射率升高，形成一个波峰，在 750nm 时达到波峰，依据此便可区分铁皮与大理石材质。

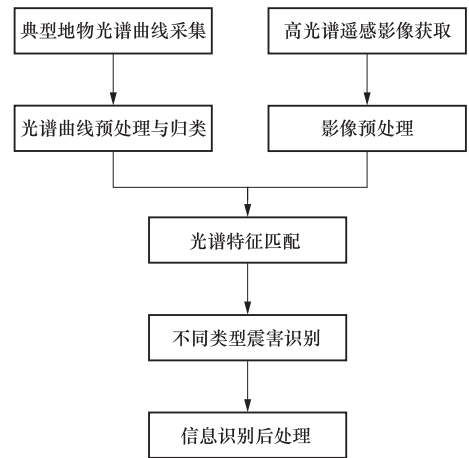


图 2 高光谱遥感影像震害信息识别技术流程图

Fig. 2 Flowchart of seismic disaster information identification technique for hyperspectral remote sensing image

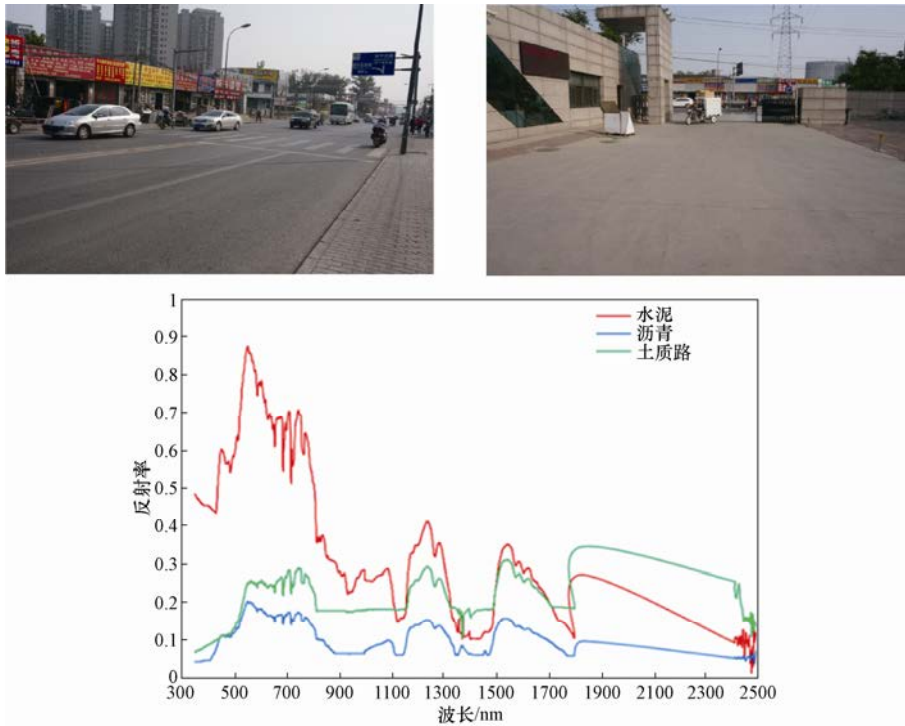


图 3 实验采集地点及光谱特征曲线

Fig. 3 Experimental data collection sites and corresponding spectral characteristic curves

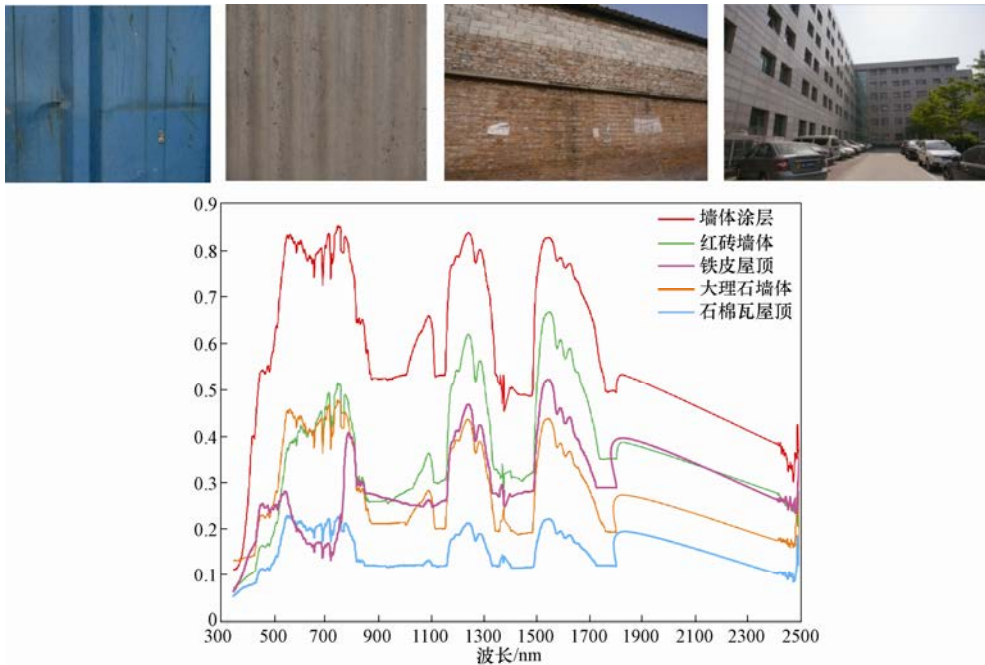


图 4 实验采集地点及光谱特征曲线

Fig. 4 Experimental data collection sites and corresponding spectral characteristic curves

以“天宫一号”数据作为实验数据，因天宫一号卫星升空后，未拍摄到明显的震后场景，故以 2013 年广元市数据为例，因地面光谱曲线采集的地物目标与影像所处位置的地物存在差异，因此取多条地面光谱曲线的均值作为标准光谱曲线，影像与标准光谱曲线进行光谱匹配识别不同的地物目标。标准光谱曲线为模拟震区特征曲线，因此在光谱匹配过程中，设置光谱匹配一致度阈值为 60%，即当匹配的 2 种光谱特征一致性优于 60% 时，影像中对应的像元即为光谱曲线对应的地物类型。由于地面实验中并未采集水体特征曲线，因此采用 USGS 波谱库中的水体特征曲线，采用光谱角分类的方法对地物进行分类识别，分类结果如图 5 所示。

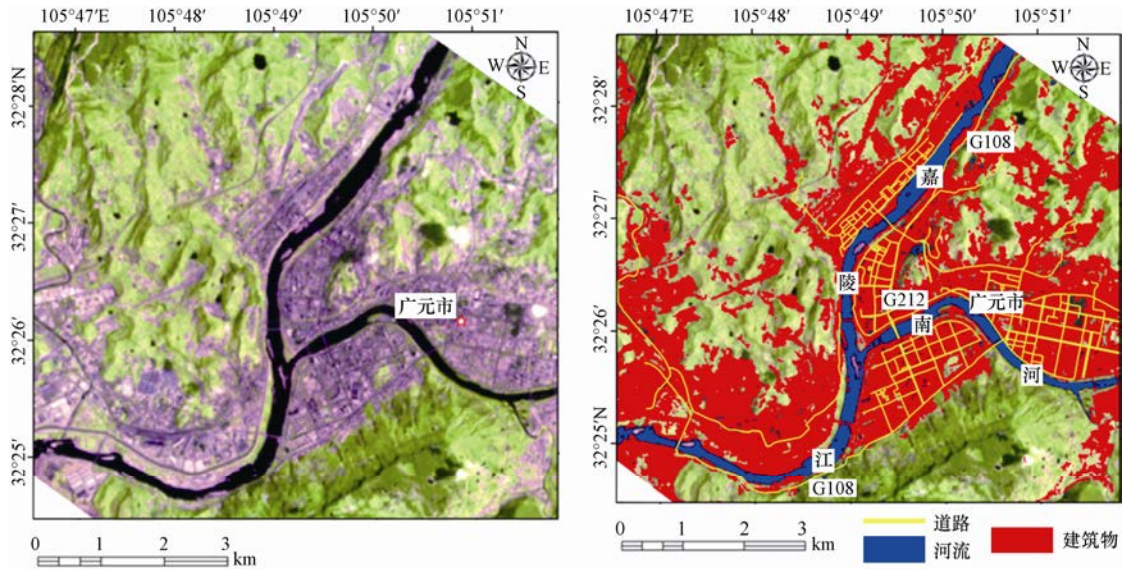


图 5 广元市建构物原始影像与提取结果

Fig. 5 The original image and extraction results of Guangyuan City

由图分析可见高光谱影像构筑物提取信息效果较好，建筑物、桥梁、道路都能清晰地表现出来。以目视解译结果作为参考基准，以提取的面积为单位计算提取精度，建筑物提取精度达 98.65%。绝大部分桥梁信息能区别提取出来，可在图像上辨别区分。道路的提取效果不如建筑物和桥梁效果理想，但是国道、省道以及一些主要干道能完好地提取，只有个别的城市道路提取效果不理想。

根据上面的实验分析，可知不同材料具有不同的光谱特征，在遥感影像中将以不同的反射率表现出来，从而可与获取的高光谱影像对应。高光谱遥感影像波段间隔较高空间分辨率遥感短，因此能识别其无法识别的精细信息，尤其是震害屋顶的细微变化，同时基于不同地物光谱特征建立遥感地物目标指数，可实现震害信息的量化分析，因此与传统的震害信息提取方法相比，利用高光谱遥感技术进行震害信息提取的类别更精细，更趋向于量化分析。

## 4 结论与展望

近几年随着传感器及传感平台的发展，高光谱数据的获取途径越来越广泛。地面 ASD 光谱仪或地面成像光谱仪可获取不同类型地物目标的光谱曲线特征，基于此可建立不同典型地物目标光谱数据库。地面光谱仪、无人机航拍都可获取图谱合一的图像，尤其是我国空间



分辨率和光谱综合指标最高的空间光谱成像仪随“天宫一号”目标飞行器的成功升空后,在完成的地球环境监测等一系列实验中获取了大量的实验数据,在地物分类、波段范围等多方面已接近或达到国际同类产品水平。一系列高光谱数据的获取,为高光谱遥感在地震中的应用提供了便利的条件。获取的遥感影像可与地物光谱库进行对比分析,实现星地数据的交叉验证,进而提高信息识别精度与效率。

高光谱数据获取过程中存在大气、光照及其他条件的影响,震区现场地物复杂,影像存在混合像元的难题,影像光谱特征分析与匹配准确度在一定程度上限制了高光谱影像的应用。随着遥感图像处理技术的发展,基于光谱曲线剔除大气等条件影响的算法已相对比较成熟,从而保证了光谱特征曲线分析的精度。混合像元分解的关键在于计算混合像元中不同类型地物所占比例,现在已有成熟的算法,并在商业软件中可实现处理。现阶段,我国的遥感震害识别主要依赖高空间分辨率遥感,随着遥感传感器技术的发展,越来越多的传感器更加注重光谱分辨率与空间分辨率的结合,如何综合高光谱技术的地物精细分类与高空间分辨率的快速识别将是未来震害识别领域发展的趋势。本文重在论述高光谱技术在震害识别中的应用,对高空间分辨率影像与高光谱影像的结合未作深入探讨。

作为 21 世纪对地观测领域最重要的技术之一,高光谱技术在不同的领域得到了广泛的应用和快速的发展,但是在地震观测尤其是遥感震害评估领域应用较少,总结其原因主要有两点:①高光谱数据较难获取,尤其是免费获取;②缺乏普遍的研究方法及专业的光谱库。高光谱遥感技术在遥感影像上将不同地物的变化以反射率表现出来,形成不同的光谱曲线,从而获取地物微观信息。将高光谱技术引入到遥感震害评估领域能有效地提高震害评估类别精度,从而实现震害信息的定量化提取。

## 参考文献

- 崔丽华, 2009. 汶川地震前的遥感信息异常及其机理研究. 唐山: 河北理工大学.
- 崔月菊, 杜建国, 2011. 地震有关的卫星高光谱气体地球化学异常. 见: 中国地球物理学会编. 中国地球物理学会第二十七届年会论文集.
- 郭广猛, 曹云刚, 龚建明, 2006. 使用 MODIS 和 MOPITT 卫星数据监测震前异常. 地球科学进展, 21(7): 695—698.
- 宫鹏, 蒲瑞良, 郁彬, 1998. 不同季相针叶树种高光谱数据识别分析. 遥感学报, 2(3): 211—217.
- 胡秀清, 刘京晶, 邱康睦等, 2009. 神舟三号飞船中分辨率成像光谱仪场地替代定标新方法研究. 光谱学与光谱分析, 29(5): 1153—1159.
- 路威, 2005. 面向目标探测的高光谱影像特征提取与分类技术研究. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学.
- 刘伟东, 2002. 高光谱遥感土壤信息提取与挖掘研究. 北京: 中国科学院研究生院(遥感应用研究所).
- 童庆禧, 2008. 我国高光谱遥感的发展. 中国测绘报, (3): 1—3.
- 杨国鹏, 2007. 基于核方法的高光谱影像分类与特征提取. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学.
- 杨哲海, 韩建峰, 宫大鹏等, 2003. 高光谱遥感技术的发展与应用. 海洋测绘, 23(6): 55—58.
- 姚清林, 强祖基, 王弋平, 2005. 青藏高原地震前 CO 的排放与卫星热红外增温异常. 地球科学进展, 20(5): 505—510.
- 张成业, 秦其明, 陈理等, 2015. 高光谱遥感岩矿识别的研究进展. 光学精密工程, 23(8): 2407—2418.
- 赵志芳, 谈树成, 王锋德, 2012. ASTER 数据矿化蚀变异常信息提取方法研究. 国土资源科技管理, 29(6):

44—50.

周子勇, 2014. 高光谱遥感油气勘探进展. 遥感技术与应用, **29**(2): 352—361.

Bergeron M., Hollinger A., Staenz K., et al., 2008. Hyperspectral Environment and Resource Observer (HERO) Mission. Canadian Journal of Remote Sensing, **34**(S1): S1—S11.

Beck R., 2003. EO-1 User Guide Version 2.3. Street Sioux Falls: Satellite Systems Branch, USGS Earth Resources Observation System Data Center (EDC).

Ganguly N. D., 2011. The impact of transported ozone-rich air on the atmospheric ozone content following the 26 January 2001 and 7 March 2006 Gujarat earthquakes. Remote Sensing Letters, **2**(3): 195—202.

Kruse F. A., Taranik J. V., Coolbaugh M., et al., 2011. Effect of reduced spatial resolution on mineral mapping using imaging spectrometry—examples using hyper spectral infrared imager (hypispi)—simulated data. Remote Sensing, **3**(8): 1584—1602.

Mielke C., Boesche N. K., Rogass C., et al., 2014. Spaceborne mine waste mineralogy monitoring in south Africa, applications for modern push-broom missions: Hyperion/OLI and EnMAP/Sentinel-2. Remote Sensing, **6**(8): 6790—6816.

Okada Y., Mukai S., Singh R. P., 2004. Changes in atmospheric aerosol parameters after Gujarat earthquake of January 26, 2001. Advances in Space Research, **33**(3): 254—258.

Pulinets S. A., Dunajacka M. A., 2007. Specific variations of air temperature and relative humidity around the time of Michoacan earthquake  $M_S$  8.1 Sept. 19, 1985 as a possible indicator of interaction between tectonic plates. Tectonophysics, **431**(1—4): 221—230.

Rogge D., Rivard B., Segl K., et al., 2014. Mapping of NiCu-PGE ore hosting ultramafic rocks using airborne and simulated EnMAP hyper spectral imagery, Nunavik, Canada. Remote Sensing of Environment, **152**: 302—317.

Singh R. P., Cervone G., Singh V. P., et al., 2007. Generic precursors to coastal earthquakes: Inferences from Denali fault earthquake. Tectonophysics, **431**(1—4): 231—240.

Singh R. P., Kumar J. S., Zlotnicki J., et al., 2010a. Satellite detection of carbon monoxide emission prior to the Gujarat earthquake of 26 January 2001. Applied Geochemistry, **25**(4): 580—585.

Singh R. P., Mehdi W., Sharma M., 2010b. Complementary nature of surface and atmospheric parameters associated with Haiti earthquake of 12 January 2010. Natural Hazards and Earth System Science, **10**(6): 1299—1305.

## Preliminary Application of Hyperspectral Remote Sensing Technology in Earthquake Damage Assessment

Li Qiang<sup>1, 2)</sup> and Zhang Jingfa<sup>2)</sup>

1) Institute of Engineering Mechanics, CEA (Key Laboratory of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, CEA), Harbin 150080, China

2) Key Laboratory of Crustal Dynamics, Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China

**Abstract** As the development and major progress of the space to earth observation technology in the twentieth century, hyper spectral remote sensing has been extensively applied in various fields of research with its high spectral resolution, which provides rich information of earth surface. Although hyper spectral remote sensing is of unique superiority, no much effort has been put on seismic damage assessment so far. Based on the summary of the characteristic advantages and application situation, earthquake damage assessment is carried out by using hyper spectral remote sensing. A typical damaged feature spectral library is constructed through collecting the spectral characteristic curves of different structures. The difference between the different spectral curves was identified, and the relationship between spectral curve and seismic damage information was explored. Our results suggest that it is feasible to apply hyper spectral remote sensing in earthquake disaster assessment. Different damage features have different spectral characteristic curves. And then, earthquake damage information can be well classified based on the spectral differences.

**Key words:** Hyper spectral remote sensing; Spectral feature; Spectral library; Earthquake damage assessment