

文章编号: 1007-4619(2005)04-0494-04

印度洋海啸灾害遥感监测与评估

——以印度尼西亚亚齐省为例

刘亚岚, 魏成阶, 武晓波, 丁琳, 朱重光

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要: 介绍了运用新一代中分辨率小卫星数据——英国灾害监测小卫星(DMG Disaster Monitoring Constellation)数据源,以印度尼西亚亚齐省为例,采用遥感数据作为信息源,对2004年12月26日印尼苏门答腊岛西北海域发生的里氏9.0级的强烈地震所引发的印度洋海啸灾害进行了监测评估。所获得的小卫星图像预处理后,通过对图像中受损失地物的光谱信息分析、受损失信息与环境背景信息的对比分析,进而建立其判读标志;并在此基础上进行损失程度分级判读、统计分析等,实现了从小卫星图像上对海啸灾情损失的遥感快速监测评估。其监测评估结果为中国开展国际援助提供了客观依据,其技术方法为海啸灾害及其它灾害的遥感快速监测评价提供了技术思路,也为中国即将发射运行的灾害和环境监测预报小卫星星座及中国DMC小卫星的应用提供必要的经验及技术支持。

关键词: 监测; 评估; 印度洋海啸; 灾害; 遥感

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 海啸与国际减灾星座计划

全球有记载的破坏性海啸大约有260次左右,平均大约六、七年发生一次。发生在环太平洋地区的地震海啸占了约80%,而日本列岛及附近海域的地震又占太平洋地震海啸的60%左右,日本是全球发生地震海啸并且受害最深的国家。最近的几次大规模海啸为:1998年7月7.0级海底地震造成巴布亚新几内亚约2100人丧生,1992年9月尼加拉瓜发生的海啸,2004年12月26日印度尼西亚苏门答腊北部西海岸(北纬 3.6° ,东经 96.28°)发生的里氏九级地震,并由此引发的海啸,袭击了印度洋沿海的大部分地区,11个国家和地区。据统计,约30万以上的人在海啸中遇难。而在随之而来的全球救援活动中,各国援助总金额在200亿美元以上^[1-4]。

有资料表明,海啸是由海底地震、火山爆发、海底滑坡或气象变化产生的破坏性海浪,海啸的波速高达700—800km/h,在几小时内就能横过大洋;波浪可达数百公里,可以传播几千公里而能量损失很

小;在茫茫的大洋里波高不足1m,但当到达海岸浅水地带时,波长减短而波高急剧增高,可达数十米,形成含有巨大能量的“水墙”。由于从地震及海啸发生源地到受灾的滨海地区相距较近,所以海啸波抵达海岸的时间也较短,只有几分钟,多者几十分钟,使海啸预警时间则更短或根本无预警时间,因而往往造成极为严重的灾害,往往摧毁堤岸,淹没陆地,夺走生命财产,破坏力极大^[5]。自然及人为灾害每时每刻都在威胁着人民的生命和财产安全,不幸的是目前人们还没有能力阻止灾害的发生,但能够通过灾害前的预警、灾时的监控和灾后的抢救、降低灾害的损失及给人们带来的伤害。卫星技术的迅猛发展,为对地观测卫星全方位、高质量地监测全球灾害创造了条件。在很大程度上遥感为提高全球对灾害的预报、监测和评估能力发挥了其不可替代的作用。

本文从对实验区海啸所造成损失的等级分类的基础上,进行了监测评估。以下是对其中的方法流程及其结果的介绍。

收稿日期: 2005-03-03 修订日期: 2005-04-12

基金项目: 基于语义单元的遥感影像群判读理论方法研究(40201040)。

作者简介: 刘亚岚(1968—),女,湖南汉寿人,副研究员,博士。现主要从事遥感与地理信息系统集成技术研究及其在资源环境、数字城市、公共卫生等领域中的应用研究,已发表论文20多篇。Email: yalanliu@263.net cjeier@a1.net.cn

2 海啸灾害遥感监测评估的主要技术流程

海啸灾害遥感监测评估的主要技术流程图如图 1 所示, 包括以下几个具体步骤。

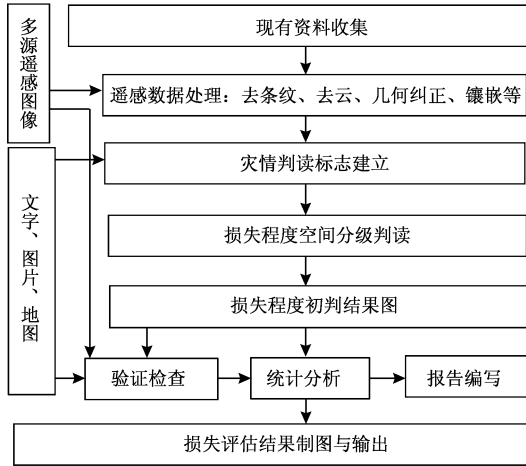


图 1 海啸灾害遥感监测评估主要流程

Fig 1 Flow chart for monitoring and evaluating the tsunami disaster of Indian Ocean by remote sensing

数据源及其相关资料收集

对地震海啸灾害最严重的印度尼西亚亚齐特别行政区(以下简称亚齐省)海啸损失评估的主要数据有: 两景英国 DMC 小卫星获取的 2005-01-07 印度尼西亚苏门答腊岛 32m 分辨率的多光谱遥感影像, 网上公开的受损地区 KONOS 图像以及一些文字资料, 此外还收集了小比例尺地图资料。

遥感数据处理

遥感数据处理包括去条纹、去云、几何纠正、增强、镶嵌等步骤。由于海啸后 DMC 获取到的遥感数据存在条纹, 而且由于云的覆盖, 给图像的判读分析带来了困难, 因此, 在进行评估之前, 对原始图像进行一些必要的处理, 主要是去除条纹、增强、去云, 利用已有的资料对遥感图像进行几何纠正。此外, 由于需要生成判读区域的判读图像, 还需对以上所说的两景 DMC 图像进行拼接。

建立灾情判读标志

对整个受灾区进行全面的分析, 利用图像中受损失地物的光谱信息、受损失信息与环境背景信息进行对比分析, 确定地物遭受损失的程, 并对它们进行分级分类; 然后需要根据选择典型的遥感样区, 按照其在遥感图像上的影像特征, 建立一套判读标志。

损失程度分级判读

对主要受损地物类型, 按照其判读标志逐个进行判读, 生成初判结果图。

检查验证

通过与来自灾区现实资料及有关数据的对比, 对初判结果进行订正, 生成最终的判读结果。

统计分析

对以上经过检查、验证处理后的结果进行汇总统计, 生成不同损失类型的统计结果及相关的统计分析图。

损失评估结果制图输出

根据需要, 对最终判读结果进行整饰制图, 包括添加必要的文字注记、地名、图例、比例尺等, 生成正式的损失评估图。

报告编写

根据分析判读结果, 与统计数据, 编写相应的海啸灾情损失评估报告。最后将文字报告与图件报送到有关部门。

3 结果分析与评价

根据上述评价方法流程, 利用 2005-01-07 英国灾害监测小卫星 DMC 接收的遥感数据, 对海啸灾害最严重的印度尼西亚亚齐特别行政区的灾情进行了遥感监测评估, 结果分别如图 2、表 1 和图 3 所示。

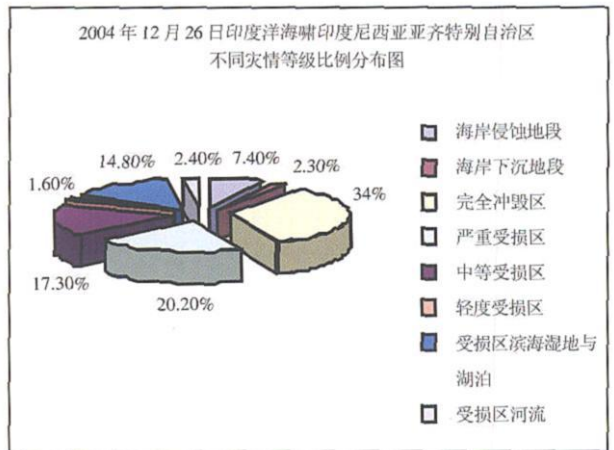


图 2 亚齐省海啸受灾情况统计图

Fig 2 Statistics chart for tsunami disaster of Aceh province in Indonesia

3.1 亚齐省受灾情况判读与统计分析

亚齐省沿海地带是灾情最严重的地区, 且绝大多数都发生在其西南或北部沿海。其省会班达亚齐

表 1 亚齐省海啸受灾情况统计表

Table 1 Statistics result for tsunami disaster of Aceh province in Indonesia

类型编号	受灾类别	图斑数 个	面积 km ²	占受灾总面积百分比 %	占全省总面积百分比 %
1	海岸侵蚀地段	162	131.8	7.4	0.23
2	海岸下沉地段	96	41.3	2.3	0.07
3	完全冲毁区	148	603.8	34.0	1.03
4	严重受损区	215	360.0	20.2	0.62
5	中等受损区	126	308.5	17.3	0.53
6	轻度受损区	36	27.8	1.6	0.05
7	受损区滨海湿地与湖泊	90	264.0	14.8	0.45
8	受损区河流	30	43.4	2.4	0.07
受损区合计			1780.8		3.05

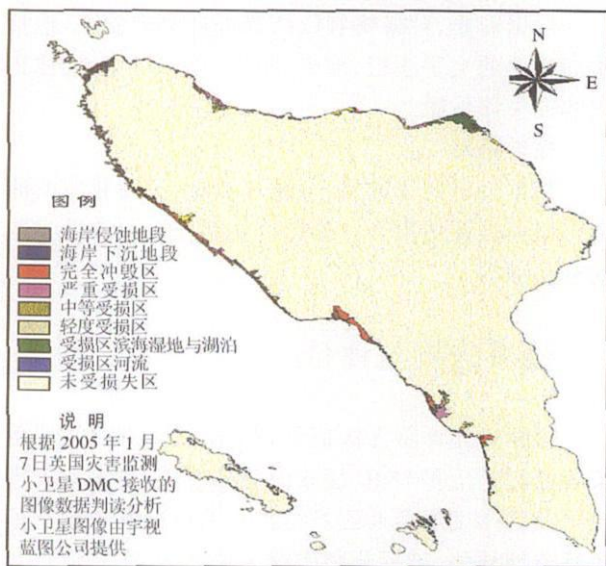


图 3 亚齐省海啸灾情遥感监测评估图

Fig 3 Monitoring and assessment result of tsunami disaster of Aceh by remote sensing

和米拉务、大亚齐县、亚齐查亚县、查朗镇、默拉博和沙邦等沿海城镇受到不同程度的灾害,其中以班达亚齐和米拉务、查朗等城镇。全区受灾总面积 1781km²,约占全省总面积(58378km²)的 3%。其中,地震海啸造成的完全冲毁区、严重受损区等重灾为主,总面积为 963.8km²,约占受灾总面积的 54%。而被海啸海水淹没的滨海湿地与湖泊约 90 处,面积约 264km²,占全区受灾总面积的 14.8%;受海啸海水影响的较大河流 30 条,面积约 43km²,占全区受灾总面积的 2.4%。

经过初步分析,发现亚齐省范围内灾情损失主要集中在农业用地和大量房屋建筑的毁坏;灾区的农田、渔塘与林地等农业用地基本被毁坏,而分布在滨海高地、古河道高地其上的城乡居民房屋建筑大量倒塌或遭到严重破坏;在完全冲毁区与严重受损

区内,集中联片或分散的房屋建筑倒塌率为 90%以上,省会班达亚齐周边地区为中等和轻度受损区,被毁房屋建筑大约占了 50%左右。

3.2 海啸将引发生态系统恶化

通过遥感监测分析发现,本次海啸引发一系列值得关注的生态环境问题,包括海岸和海岛下沉、海岸侵蚀严重以及海水侵入良田、海岸带盐渍化加重。在亚齐受灾区有 96 处海岸和海岛下沉,数十个小岛因这次地震的构造活动而沉入海平面以下,下沉地区的总面积约为 41km²,占全区受灾总面积的 2.3%,基本上分布在亚齐省西南部的锡默卢岛周围。海岸侵蚀地带的侵蚀宽度平均达到了 60—100m,这将会使海岸失去海滩的保护,而进一步加重海岸生态环境的恶化。在亚齐海岸侵蚀地段达到了 162 处,面积达到了 130km²,占全区受灾总面积的 7.4%。班达亚齐和米拉务、查朗等是灾害十分严重的城镇,也是海水侵入面积最大的地区。含盐的海水侵入良田和渔塘,造成滨海平原盐渍化加重,生产、生活用淡水危机,造成生态环境的恶化^[7]。

4 结 论

由于监测地区资料相关基础数据难以获得,在没有与其他可对比的数据源的情况下,评估所得到的结果与有关统计数据相比,其误差在 10% 以下。这也说明利用小卫星对海啸宏观灾情进行遥感监测的可行性和有效性。通过监测评估应用,其结果为中国开展国家援助及受灾国家减灾工作提供了客观的依据,为海啸灾害的监测评价提供了方法支持,同时也为中国将于 2006 年发射运行的“4+4”灾害和环境监测预报小卫星星座及将于今年 6 月份发射运行的高性能对地观测小卫星并加入国际卫星减灾网小卫星(简称

中国 DMC 小卫星)提供必要的经验及技术支持。

人类虽然对海啸等突如其来的灾变还不能控制它们的发生,但完全能通过预测、观察来预防或减少其造成的损失。通过遥感技术手段,可以提高大范围灾情分析与评估能力,为灾后重建提供客观的依据,遥感技术的应用充分体现了其优势与效益。在本文所介绍的方法基础上更进一步利用地理信息系统(GIS)、全球卫星定位系统(GPS)等先进的技术及基础数据库,并与高分辨率遥感信息源配合,加强对重灾区的详细监测评估,提高大范围灾情分析与评估的准确性,将会在类似海啸灾害这种重大灾情监测方面有很大的应用潜力。此外,将灾害监测评估的遥感信息融入现有的灾害管理信息系统,可以满足全球对灾害预测、响应、警报和通信的迫切需求,建立各种灾害,包括海啸在内的灾害监测预警体系,强化灾害监控措施,将是国际组织和有关国家的近期目标^[8,9]。

致谢 本论文所使用的英国 DMC 数据由北京宇视蓝图信息技术有限公司无偿提供,在此表示感谢。

参考文献 (References)

[1] Roaring Billw Tsunami <http://www.gsyky.com.cn/ebook/book/035.htm>, 2005 [怒吼的巨浪——海啸, <http://www.gsyky.com.cn/ebook/book/035.htm>, 2005] .

[2] The Great Indian Ocean Tsunami of December 26 2004 <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography/book/greatindianoceantsunami.htm>, 2005.

[3] Information on Sumatra Earthquake and the Indian Ocean Tsunami http://www1.kahua.mlit.go.jp/sumatra/index_e.html, 2005.

[4] The Total Number of People Who Died in the Tsunami in Indian Ocean Has Approached to 3 Hundred Thousand. <http://news.sina.com.cn/> 2005 [印度洋海啸遇难者总人数逼近 30 万, <http://news.sina.com.cn/> 2005] .

[5] General Knowledge for Tsunami <http://www.cigem.gov.cn/ReadNews.asp?NewsID=2355>, 2005 [海啸小知识, <http://www.cigem.gov.cn/ReadNews.asp?NewsID=2355>, 2005] .

[6] Moonlet and International Disaster Monitoring Constellation [小卫星与国际灾害监测星座, <http://www.space.cetin.net.cn/docs/h0406/h0406h.txtj01.htm>] .

[7] The Tsunami in Indian Ocean Has Past Two Month <http://www.cigem.gov.cn/type.asp?typeid=11>, 2005 [印度洋地震和海啸已过去两个月, <http://www.cigem.gov.cn/type.asp?typeid=11>, 2005] .

[8] The Foreground of Spatial Technique in China is Wide <http://database.cpsit.net.cn/popul/topic/artic/40511140646.html>, 2005. [中国空间技术前景广阔, <http://database.cpsit.net.cn/popul/topic/artic/40511140646.html>, 2005.]

[9] Early Warning System of Tsunami in Indian Ocean Will Be Built up Next Year <http://www.cigem.gov.cn/ReadNews.asp?NewsID=2752>, 2005 [印度洋海啸预警系统明年底建成, <http://www.cigem.gov.cn/ReadNews.asp?NewsID=2752>, 2005.]

Monitoring and Assessment for the Tsunami Disaster of Indian Ocean by Remote Sensing: A Case Study in Aceh Province of Indonesia

LIU Yan WEI Chengjie WU Xiaobo DING Lin ZHU Chongguang
(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract The Indian Ocean Tsunami disaster occurred on December 26 in 2004. This paper introduces the method and the result for monitoring and assessing this Tsunami disaster by the usage of new generation Moderate Resolution data from the British Disaster Monitoring Constellation (DMC). The multi-spectrum bands resolution is 32 meter. This work takes Aceh province of Indonesia as a case study. By pre-processing of DMC image, the analysis of the spectrum information for damaged ground objects, the contrast analysis of the interesting areas and their environment background information, the interpretation keys for each class degree in grade has been established. Through interpreting DMC image, the boundary of all the damaged objects was delineated according to the class extent, then statistics and analysis were made for the tsunami disaster extent of disaster losses. Fast and macroscopic is its characteristic.

The results of this paper show that the method is feasible. It provides the objective and referenced information for the assistance of Chinese government. Moreover, it will provide the methodology for other disasters and the application supports for the application of coming Disaster and Environment Forecast Constellation and Chinese DMC.

Key words monitoring; assessment; Indian Ocean Tsunami; disaster; remote sensing