

文章编号: 1004 - 4574(2011)06 - 0145 - 06

# 环境减灾卫星雪灾监测评估应用研究

杨思全, 刘龙飞, 王磊, 张超

(民政部国家减灾中心, 北京 100053)

**摘 要:** 环境减灾 A、B 星是我国首次发射的专门用于灾害监测与评估业务的两颗光学小卫星。作为环境减灾小卫星星座建设的重要组成部分, A、B 星的发射标志着环境减灾小卫星星座组网的正式开始, 也标志着我国灾害遥感监测评估有了稳定数据源。环境减灾小卫星星座 A、B 星分别搭载了多光谱成像仪、红外相机和超光谱成像仪, 最大观测幅宽达到 700 km, 最快重返周期小于 48 h。环境减灾小卫星星座具备宽视场覆盖、高重访频率、多波段观测的特点, 因此星座卫星多传感器的综合应用适合雪灾、洪涝灾害等大范围灾害的动态监测与评估。在介绍环境减灾 A、B 星有关性能指标和参数的基础上, 结合环境减灾 A、B 星数据在 2008 年 10 月 26 日至 28 日西藏雪灾中的应用情况, 对卫星数据在雪灾监测与评估业务中的应用能力和技术路线进行了研究和评价, 并建立了环境减灾 A、B 星在雪灾范围评估、风险预警与灾情评估的技术路线, 以为开展雪灾监测评估应用、尽快发挥减灾应用效益提供思路。

**关键词:** 环境减灾卫星; 雪灾监测评估; 应用研究

中图分类号: TP79

文献标志码: A

## Application study on assessment of snow disaster monitoring with satellite for environment disaster reduction

YANG Si-quan, LIU Long-fei, WANG Lei, ZHANG Chao

(National Disaster Reduction Center, Ministry of Civil Affairs, Beijing 100053, China)

**Abstract:** Being the first part of the small satellite constellation for environment and disaster monitoring and forecasting (SSCEDMF), HJ-1 A and B have been launched in September, 2008, which started the constellation construction. The two satellites would supply the optical observation data steadily for the disaster management. CCD, IRS and HSI sensors were installed on the SSCEDMF satellites. The swath of CCD is about 700 km, and the revisit-period of the constellation can be less than 48 hours. With the wide-swath, short revisit-period and multi-spectral character, SSCEDMF is suitable for the disaster monitoring and assessment. Based on the introduction of the satellites characters and the applications to the blizzard monitoring and assessment in Tibet during October, 2008, this paper carries out the study on the application capability evaluation and technological route for the blizzard monitoring and assessment with the constellation data. Finally, a technical application method for blizzard monitoring, risk forecasting and disaster assessment, are established, which would contribute to expanding the application benefit of the satellite constellation.

**Key words:** satellite for environment disaster reduction; monitoring and assessment of snow disaster; application study

收稿日期: 2010 - 10 - 06; 修回日期: 2010 - 12 - 02

基金项目: 科技部科技支撑计划项目 (2008BAK50B08, 2008BAK52B02, 2008BAK52B05)

作者简介: 杨思全 (1974 -), 男, 副研究员, 博士, 主要从事空间技术减灾应用研究. E-mail: toneywang@ndrcc.gov.cn

2008年9月6日11时25分,我国在太原卫星发射中心成功发射环境减灾小卫星星座A、B两颗光学星。环境减灾小卫星星座是国务院批准立项,由4颗光学卫星和4颗合成孔径雷达卫星组成。具有大范围、全天候、全天时、动态的灾害和环境监测能力。此次成功发射的环境减灾A、B星由两颗中分辨率的光学小卫星组成,是星座建设的第一步,拥有光学、红外、超光谱多种探测手段,是目前国内民用卫星中技术较复杂、指标较先进的对地观测系统之一,标志着我国灾害遥感监测评估有了稳定的数据保障。

卫星成功发射后,国家减灾中心根据我国减灾救灾工作需要,将环境减灾A、B星纳入业务范畴,迅速建立了灾害遥感监测与评估业务体系和工作规程,并针对汶川地震灾区恢复重建、旱灾风险监测、西藏雪灾等救灾决策需要,开展了灾害风险监测、灾情评估等减灾应用工作,为减灾救灾工作提供了决策支持。

# 1 雪灾监测评估应用能力

## 1.1 环境减灾A、B星

环境减灾A、B星是我国对地观测卫星系列的重要组成部分,两颗卫星均搭载有拼接幅宽700 km分辨率为30 m的多光谱相机(CCD)。A星还搭载1台幅宽50 km分辨率为100 m的超光谱成像仪(HSI)。B星还搭载1台幅宽720 km分辨率为150 m的红外相机(IRS)。A、B星的设计寿命均为3 a,双星协同工作具有至少48 h内对同一个地区进行重复观测的能力,相关参数见表1。

表 1 环境减灾 A、B 星有关参数

Table 1 Relevant parameters of satellites A and B for environment disaster reduction

传感器	波段	波长范围/ $\mu\text{m}$	分辨率	传感器	波段	波长范围/ $\mu\text{m}$	分辨率
多光谱相机(CCD)	波段 1	0.43 ~ 0.52	30 m	红外相机(IRS)	波段 1	0.75 ~ 1.10	150 m
	波段 2	0.52 ~ 0.60			波段 2	1.55 ~ 1.75	
	波段 3	0.63 ~ 0.69			波段 3	3.50 ~ 3.90	
	波段 4	0.76 ~ 0.90			波段 4	10.5 ~ 12.5	

## 1.2 雪灾监测评估应用技术路线

针对典型积雪光谱特征进行分析,利用环境减灾卫星数据,在充分考虑不同波段积雪光谱特征信息的基础上,提取积雪覆盖范围,计算积雪深度,并结合气象预报数据,进行灾区雪灾风险预警与评估。具体如下:

(1) 利用云雪在可见光、近红外波段的强反射性以及热红外波段的强吸收性,区分云雪和其它地物,并建立积雪信息快速识别模型和提取技术。

(2) 结合地区灾情案例数据库和统计数据库,在完成积雪信息提取的基础上,确定积雪覆盖范围,并利用GIS面积统计功能计算积雪覆盖面积。

(3) 利用美国国家雪冰数据中心的 AMSR-E 雪水当量产品,并结合坡度、坡向和高程等数据,应用美国微波辐射计 AMSR-E 卫星数据,计算积雪深度。

(4) 根据积雪覆盖范围、雪深计算结果等,结合区域雪灾灾情案例库,应用基础地理数据和GIS分析方法,分析灾区交通线路、草地、农作物地等受影响情况,开展雪灾损失评估。

(5) 结合雪灾范围与24 h降雪预报,进行雪灾风险评估与预警。

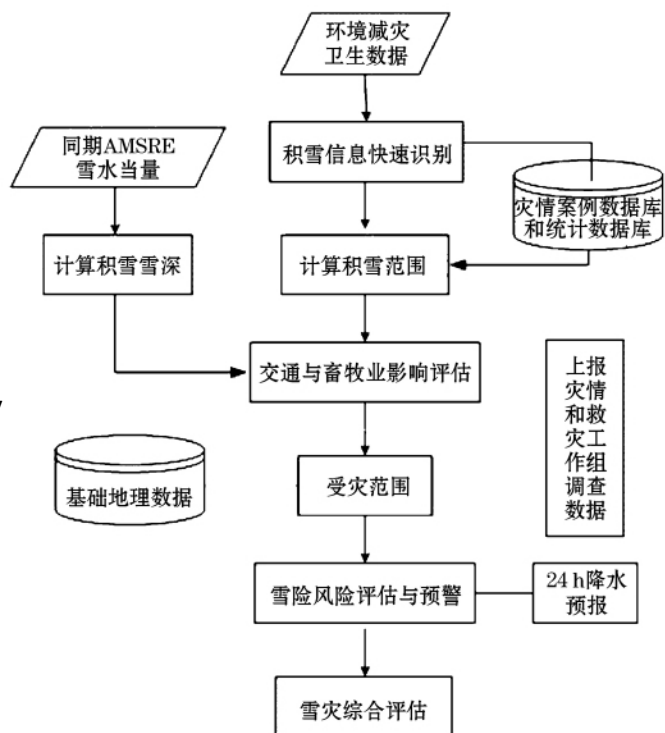


图 1 雪灾遥感监测评估技术路线

Fig. 1 Technical route of remote sensing monitoring and assessment of snow disaster

## 2 西藏雪灾监测评估应用示范

### 2.1 雪灾情况

2008 年 10 月 26 日至 28 日,我国西藏、青海部分地区发生大范围降雪,其中西藏东南部地区遭遇有气象资料以来范围最广、强度较大的一次强降雪过程。此次降雪过程给当地生产和人民生活造成了严重影响和损失。据统计,截至 11 月 1 日,因灾造成 11 人死亡,部分民房倒塌损坏,交通严重受阻,水利、电力、交通、通讯等基础设施受到不同程度损坏。其中,10 月 25 日以来,林芝、那曲、山南、日喀则、昌都等地 19 个县发生雪灾,因灾死亡 11 人,失踪 1 人;倒塌房屋 29 间,损坏房屋 474 间,直接经济损失 1.54 亿元。

雪灾发生后,国家减灾中心迅速编制环境减灾卫星观测申请、安排观测计划,组织开展灾区灾情遥感监测与评估工作,利用环境减灾卫星 B 星红外相机观测数据,完成对西藏、青海、四川 3 省(区)部分灾区积雪覆盖范围、人口、交通线和畜牧业受影响情况的监测与风险预警评估。

### 2.2 积雪信息识别提取

根据云雪在可见光、近红外波段的强反射性和在热红外波段的强吸收性,环境减灾星红外波段 2(1.55~1.75 μm)对云的反射率很高而对雪的反射率很低,光谱曲线见图 2<sup>[1-4]</sup>。同时,根据环境减灾星红外、可见光对薄云、厚云与地物的差别,即薄云亮温差普遍高于晴空区域的地物,厚云的亮温差低于晴空区域的地物,进行云和雪的自动识别,并提取积雪覆盖范围,见图 3。

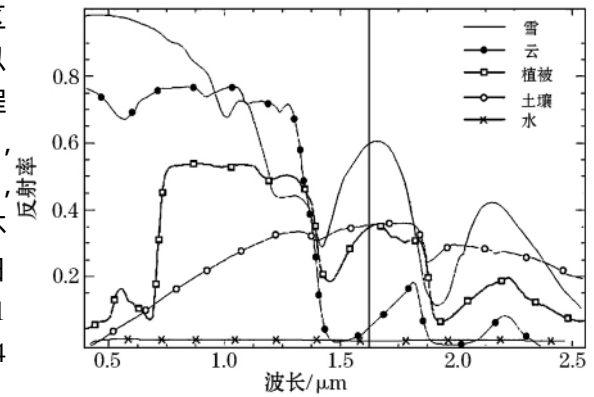


图 2 光谱曲线图

Fig. 2 Spectrum curve chart

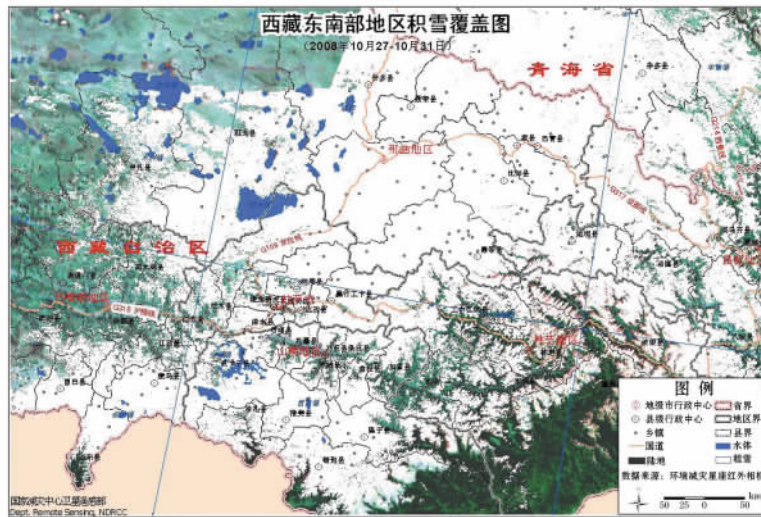


图 3 积雪覆盖范围监测图

Fig. 3 Monitoring map of snow accumulation coverage

### 2.3 积雪深度监测评估

#### (1) 使用数据和算法

研究表明,利用被动微波遥感反演雪深的算法在青藏高原地区有不同程度的误差<sup>[4-7]</sup>,但是可以较好地反应积雪覆盖的总体趋势。经分析,本项研究在使用小卫星红外数据的基础上,选取使用美国微波辐射计 AMSR-E 卫星全球雪水当量数据产品<sup>[8]</sup>,并利用以下算法<sup>[9]</sup>开展积雪深度监测评估,具体算法为:

$$SD (cm) = SWE / Density (g cm^{-3}) / 10.0 (mm).$$

式中:SD——雪深;

$$SWE(雪水当量值) = SD (cm) \cdot density (g \cdot cm^{-3}) \cdot 10.0 (mm);$$

Density——积雪密度, 研究中取平均值  $0.3 g \cdot cm^{-3}$ 。

(2) 计算分析结果

在使用美国微波辐射计 AMSR - E 卫星数据计算积雪深度的基础上, 结合实地调查资料进行修正后, 获得本地区积雪覆盖深度分布数据(见图 4), 具体分布情况为:

- 1) 在受灾区域, 总体而言, 西藏东部、青海南部大部分地区积雪较深;
- 2) 西藏的错那、那曲、米林等地山区积雪很深, 超过 40 cm, 是此次雪灾过程中积雪最深的地区;
- 3) 西藏的那曲、山南、林芝、昌都、拉萨和青海玉树等市区大部分县积雪较深, 积雪深度基本都在 10 ~ 15 cm 以上。

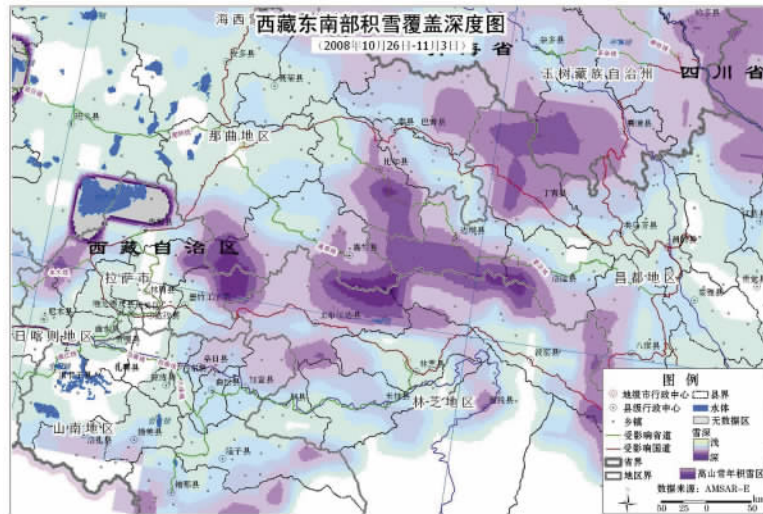


图 4 积雪覆盖深度图

Fig. 4 Snow accumulation coverage depth map

2.4 雪灾等级评估

(1) 评估等级划分

为便于分析, 综合考虑积雪深度、畜牧业影响、居民出行、救灾难度等因素, 将此次雪灾受灾情况分为重度积雪区、中度积雪区和轻度积雪区 3 个等级, 具体划分依据如下:

- 1) 重度积雪区: 积雪多在 30 cm 以上, 牲畜无法觅食, 居民较难外出, 救灾难度也较大, 受灾严重;
- 2) 中度积雪区: 积雪多在 15 cm 以上, 牲畜基本无法觅食, 饲草饲料运输难度大, 受灾较严重;
- 3) 轻度积雪区: 积雪在 10 cm 左右, 牲畜可艰难觅食, 但存在长期饥饿的可能, 在一定程度上受灾。

(2) 评估分析结果

根据积雪深度监测结果, 结合牧区积雪范围和居民点、土地利用、交通线等分布数据, 以及灾区地形、地貌特征, 利用 GIS 分析技术, 对此次雪灾范围进行监测评估, 评估结果见图 5、表 2。

表 2 雪灾评估统计表

Table 2 Statistics of snow disaster assessment

地区	重度积雪区	中度积雪区	轻度积雪区
拉萨市	墨竹工卡县	当雄县、尼木县	曲水县、堆龙德庆县
昌都地区	类乌齐县、八宿县	昌都县、丁青县、察雅县、洛隆县、边坝县	江达县、贡觉县
山南地区	洛扎县、隆子县、错那县	乃东县、桑日县、曲松县、措美县、加查县	琼结县、浪卡子县
那曲地区	那曲县、嘉黎县	比如县、聂荣县、索县、安多县、班戈县 巴青县	
林芝地区	工布江达县、米林县、波密县		
青海玉树	玉树县、囊谦县		





图 5 雪灾等级评估图

Fig. 5 Assessment map of snow disaster degree

2.5 雪灾风险预警评估

根据灾区 24 h 天气预报, 并结合灾害范围评估、牧区草场分布, 利用 GIS 叠加分析技术, 提取出西藏东部和青海南部雪灾风险数据, 并按照雪灾加重区、雪灾持续区进行分类, 详见图 6、表 3。

表 3 雪灾风险预警评估统计表

Table 3 Statistics of assessment of snow risk early warning

地区	雪灾加重区	雪灾持续区
昌都地区	达江县、贡觉县、察雅县、八宿县、左贡县、洛隆县	昌都县、类乌齐县、丁青县、边坝县
林芝地区	波密县	
四川甘孜州		石渠县
青海玉树州		玉树县、杂多县、称多县、治多县、囊谦县



图 6 雪灾风险预警分布图

Fig. 6 Distribution map of snow risk early warning

### 3 结语

本研究以10月26-28日我国西藏、青海部分地区发生的大范围降雪为例,选取环境减灾A、B星红外相机数据,并结合救灾工作组调查数据和基础地理数据,开展灾区积雪范围、积雪深度、雪灾评估与预警应用研究,旨在测试环境减灾A、B星数据在雪灾监测评估中的应用能力。

经研究和应用分析,环境减灾A、B星在雪灾监测中具有较强的应用能力和巨大的应用推广潜力,具体如下:

(1) 经与救灾工作组现场调查情况比对,通过环境减灾A、B星监测提取的受灾范围、风险评估结果较为准确,基本与实际情况相符;

(2) 环境减灾A、B星具有宽覆盖、分辨率高等特点,数据覆盖范围广、处理时效性高,能够较好地满足雪灾监测评估工作的需要;

(3) 在环境减灾A、B星红外相机波段2(1.55~1.75 $\mu\text{m}$ )中,能够十分容易地识别云、雪特征,而且准确率较高,在雪灾监测评估中具有巨大的应用能力和推广潜力。

### 参考文献:

- [1] 延昊. NOAA16 卫星积雪识别和参数提取[J]. 冰川冻土, 2007, 26(3): 369-373.
- [2] 车涛, 立新. 被动微波遥感估算雪水当量研究与展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(2): 204-210.
- [3] 李保俊, 袁艺, 邹铭, 等. 中国自然灾害应急管理研究进展与对策[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(3): 18-23.
- [4] Chang A T C, Foster J L, Hall D K. Nimbus-7 SMMR derived global snow cover parameters [J]. Ann. Glaciol., 1987, 9: 39-44.
- [5] Chang A T C, Foster J L, Hall D K, et al. The use of microwave radiometer data for characterizing snow storage in western China [J]. Ann. Glaciol., 1992, 16: 215-219.
- [6] Dewey K F, Heim R. Satellite observations of variations in northern hemisphere seasonal snow cover [R]. NOAA Technical Report NESS 87, 1981.
- [7] Kelly, Richard E J, Chang A T C, et al. A prototype AMSR-E global snow area and snow depth algorithm [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2003, 41(2): 230-242.
- [8] Kelly, Richard E J, Chang A T C, et al. 2004, updated daily. AMSR-E/Aqua Daily L3 Global Snow Water Equivalent EASE-Grids V002 [N]. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Digital media, Oct. 26-28, 2008.
- [9] 王丽红, 付培建, 鲁安新. 遥感技术在牧区雪灾监测研究中的应用[J]. 遥感技术与应用, 1998, 13(2): 33-37.