

# 环境减灾卫星在甘肃省草原火灾监测中的应用研究

蒋友严<sup>1,2</sup>, 黄进<sup>3</sup>, 李民轩<sup>2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,  
中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 西北区域气候中心, 甘肃 兰州 730020; 3. 甘肃省气象局减灾处, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**通过分析环境减灾卫星(HJ)的光谱特征,参考MODIS火情监测模型,发展了基于HJ卫星的火情遥感监测方法。针对甘肃省2011年2月10日发生在玛曲、2012年12月8日发生在岷县境内的2次草原火灾,研究了HJ卫星相应通道的本地化阈值,采用植被指数的多时相阈值法提取过火范围并计算了过火面积,同时与甘肃草原监理站的过火面积观测资料及同期MODIS的监测结果分别进行比对。结果表明,2次判定火点的阈值为 $T_4 > 310$  K; HJ卫星监测到的玛曲、岷县的火灾面积分别为 $65.3 \text{ hm}^2$ 、 $19.8 \text{ hm}^2$ ,监测精度为98%和90%,较MODIS监测精度提高了10.5%和28.9%;HJ卫星进行火情遥感监测的空间分辨率更高,监测结果更精细,具有很好的业务化应用价值。

**关键词:**环境减灾卫星;火灾; $T_4$  阈值

**文章编号:**1006-7639(2013)-03-0590-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-03-0590

**中图分类号:**P405

**文献标识码:**A

## 引言

草原火灾的预防和监测工作一直以来受到各级政府的高度重视,草原火灾一般发生在人口相对较少、交通不便的地区,一旦大火在发生前未能得到有效的预警,发生后就难以有效控制,从而产生十分严重的后果。如2009年4月17日内蒙古锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗道特淖尔镇发生的一起特大草原火灾,经统计,此次火灾烧毁草原面积 $8\,333 \text{ hm}^2$ ,造成直接经济损失253万元、间接经济损失15万元。卫星遥感技术在草原火灾预防和监测中有着十分重要的意义。利用遥感卫星资料,不仅可以进行区域增温异常判断,提供火灾的预警服务,而且对灾后火灾发生的范围及过火面积进行提取与统计,为相关决策部门提供科学依据。许多学者利用NOAA/AVHRR、MODIS、CBERS、TM等卫星数据在火灾监测方面做了许多应用研究。覃先林<sup>[1]</sup>、刘诚<sup>[2-3]</sup>、易浩若<sup>[4]</sup>等提出了利用NOAA/AVHRR数据监测火灾的方法及面积的提取;梁芸<sup>[5]</sup>、付迎春<sup>[6]</sup>等提出了基于MODIS监测森林和草原火灾的方法和技术;段

颖等<sup>[7]</sup>利用CBERS对火灾面积进行评估;Pereira<sup>[8]</sup>、陈本清<sup>[9]</sup>等利用TM数据提取森林火灾信息。

我国2008年9月发射的环境减灾卫星(HJ),它主要用于生态破坏、环境污染和灾害的大范围、全天候、全天时动态监测,及时反映生态环境、灾害等发生、发展过程,对灾情进行快速评估,为紧急救援、灾后救助和重建工作提供科学依据。相比NOAA、MODIS和TM卫星,HJ兼顾了空间分辨率高、重复周期短、免费获取等优点,近年来在火灾监测方面的应用逐渐增多起来。郭朝辉<sup>[10]</sup>、彭光雄<sup>[11]</sup>等提出了一些利用HJ卫星监测火灾的方法,但是应用于实例分析中还有待进一步检测。甘肃省从气象条件看,高温、干旱、大风、沙尘等恶劣天气气候现象比较多<sup>[12-15]</sup>,草原防火形势异常严峻。因此,本文主要对HJ卫星在甘肃草原火灾监测中的应用进行研究,并且针对甘肃近几年来出现的火情监测实例进行分析。

## 1 数据源

日常遥感火情监测主要集中在红外区间的 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 内进行,如NOAA/AVHRR的第3波段、

收稿日期:2012-10-09;改回日期:2012-12-25

基金项目:科技部农业科技成果转化资金项目(2011GB24160005)资助

作者简介:蒋友严(1981-),男,汉族,工程师,主要从事遥感监测和分析工作. E-mail:jiangyouyan1981@163.com

MODIS 的第 20 ~ 23 波段、FY3A 中 VIRR 的第 3 波段。环境减灾卫星分为 HJ - 1A 和 HJ - 1B。其中, HJ - 1A 星搭载了 CCD 相机和高光谱成像仪 (HSI), 而 HJ - 1B 星搭载了 CCD 相机和红外多光谱相机 (IRS), 2 颗星重访周期都为 4 d。2 颗星 CCD 相机设计原理完全相同, 具有 4 个波段; HSI 具有可见光和近红外 2 个波段; IRS 具有近红外、短波红外、中红外和热红外波段 (波段参数及应用见表 1)。从表 1 中可以看出, HJ - 1B IRS 的第 3 波段正处在火情探测区内, 因此将其作为 HJ

卫星火点探测的信息源, 并与 CCD 相机波段组合作为遥感监测制图数据。根据汪继伟等<sup>[16]</sup>的研究, HJ 卫星 CCD 彩色合成最佳波段是第 3 (R)、4 (G)、2 (B) 波段。因此, 本文选用了甘肃玛曲 2011 年 2 月 10 日和 12 日、岷县 2012 年 12 月 6 日和 8 日 HJ - 1B 卫星数据, 并对其进行了辐射定标、几何校正和大气校正。另外, 为了评价监测精度, 收集了同期的 MODIS 数据及甘肃省草原监理站实地观测的过火面积数据。

表 1 HJ - 1A/B 卫星技术参数传感器波段参数及应用

Tab. 1 The parameters of HJ - 1A/B and its application

传感器	通道	波长/ $\mu\text{m}$	分辨率/m	主要应用领域
CCD	CCD - 1	0.43 ~ 0.52	30	水体
	CCD - 2	0.52 ~ 0.60	30	植被
	CCD - 3	0.63 ~ 0.69	30	叶绿素、水中悬浮泥沙、陆地
	CCD - 4	0.76 ~ 0.90	30	植被识别、水陆边界、土壤湿度
IRS	IR - 1	0.75 ~ 1.10	150	植被及农业估产、土地利用
	IR - 2	1.55 ~ 1.75	150	作物长势、土壤分类、区分雪和云
	IR - 3	3.50 ~ 3.90	150	高湿热辐射差异、夜间成像
	IR - 4	10.5 ~ 12.5	300	常温热辐射差异、夜间成像
HSI	HIS - 1	0.459 ~ 0.726	100	自然资源及环境调查
	HIS - 2	0.726 ~ 0.956	100	植被、大气

## 2 监测原理和方法

根据斯蒂芬—波尔兹曼定律:

$$N = \sigma T^4 \tag{1}$$

式(1)中,  $\sigma = 5.6693 \times 10^{-3} (\text{W} \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{K}^{-4})$ ,  $N$  为黑体的全波长辐射,  $T$  为温度。由式(1)可知, 黑体的温度倘若有微小的变化, 就会引起辐射巨大的变化, 这种变化十分有利于高温热源的辨识。

另外, 根据维恩位移定律:

$$T \times \lambda_{\text{max}} = 2897.8 (\text{K} \cdot \mu\text{m}) \tag{2}$$

式(2)中, 黑体温度  $T$  与辐射峰值波长  $\lambda_{\text{max}}$  成反比, 即温度越高, 辐射峰值波长越小, 常温 (约 300 K) 地表辐射峰值波长在 10  $\mu\text{m}$  左右, 而火焰温度一般在 500 ~ 700 K 之间, 其对应的热辐射峰值波长在 3 ~ 5  $\mu\text{m}$ , 而 HJ - 1B 卫星 IRS 的第 3 波段正处于此区间, 可用于火点探测分析。

利用 HJ - 1B IRS 数据监测草原火的算法和 MODIS 的判识方法相似<sup>[10-11]</sup>, 其总体流程见图 1。

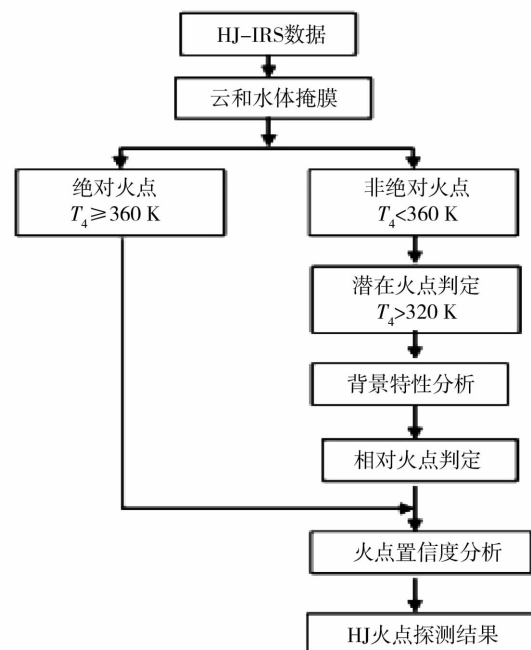


图 1 HJ1B - IRS 火点探测总体流程图

Fig. 1 The flowchart of fire detection by using HJ1B - IRS data

首先利用 HJ-1B IRS 第 3 波段,提取云和水体信息,并排除其干扰;然后,确定火点位置。如果波段亮温 $\geq 360$  K,则该点确认有火灾发生,倘若亮温在 320~360 K 之间,则需要对火点周围背景温度进行分析,判断是否满足火点判定条件<sup>[11]</sup>;最后进行火点置信度分析,得出火点探测结果。由于地表的季节性变化和区域性的差异,图 1 中的阈值(火点阈值和潜在火点阈值设定为 360 K 和 320 K)应依据地域、季节和卫星过境时间进行适当的调整,否则会引起热点的错判和漏判,在应用过程中产生一定的误差。如冯蜀青等<sup>[17]</sup>利用 MODIS 白天数据对青海草原火情进行监测研究,选取的阈值为  $T_4 > 300$  K 时识别出火点;周艺等<sup>[18]</sup>利用 MODIS 对大兴安岭草原草甸与森林交汇地带的火灾高发区进行研究,选取的阈值为  $T_4 > 320$  K(夜间为 315 K),其提取精度达 90% 以上;而谭明艳等<sup>[19]</sup>利用 MODIS 进行草原火灾火点探测时,选取的阈值为  $T_4 > 330$  K。各种火灾实例验证说明了阈值选择的不确定性,需要根据实际情况做适当的分析确定。

国内外利用遥感影像特征提取过火区域的方法<sup>[19]</sup>比较多,应用比较广泛的主要有:目视判读分

析、单波段密度分割法、植被指数的多时相阈值提取法、主成分分析法、监督和非监督分类法和光谱混合分析法等。目前甘肃省气象局利用 HJ 监测草原火灾,前 3 种方法使用比较多。

### 3 应用实例分析

利用 HJ 卫星的 IRS 和 CCD 数据分别对 2011 年 2 月 11 日甘肃省玛曲县境内和 2012 年 12 月 6 日甘肃省岷县境内发生的草原火灾进行了跟踪监测,提取过火区域,计算过火面积,并与同期 MODIS 数据监测结果(图 2)进行对比分析。首先,使用 2011 年 2 月 11 日 IRS 数据第 3 波段判定火点中心经纬度位置(选取的阈值为  $T_4 > 310$  K),提取火点信息,并与同期的 CCD 多光谱数据进行融合,确定火灾区域;然后对比火灾发生前后的 CCD 影像,利用植被指数的多时相阈值法获得灾区的分类图像,提取受灾范围,并制作火灾前后对比遥感监测图(图 3)。图 3 所示,红色矩形区域内为火灾发生区,灰黑色区域为过火区,过火面积为 65.3  $\text{hm}^2$ 。HJ 监测的过火面积和同期的 MODIS 提取的过火面积(75  $\text{hm}^2$ ),均与甘肃省草原监理站提供的准确过火面积为 66.7  $\text{hm}^2$  进行比对,前者监测精度为 98%,后者

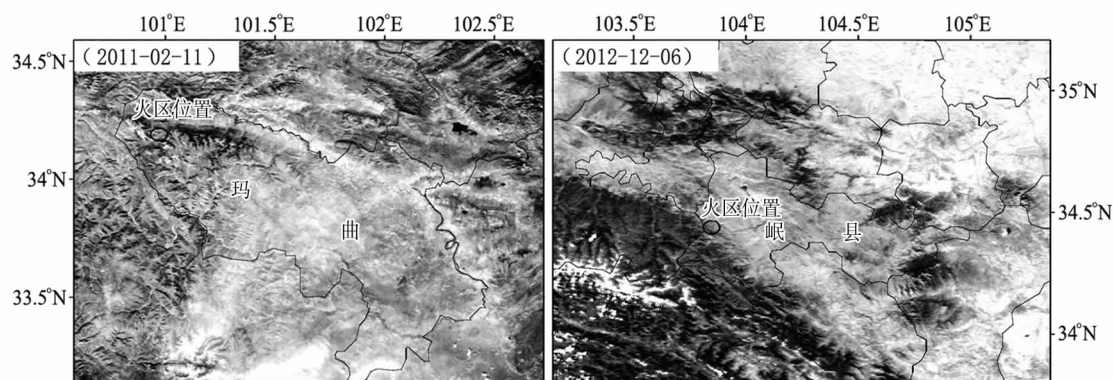


图 2 玛曲和岷县境内 MODIS 火灾遥感监测图

Fig. 2 Monitoring of fire by MODIS in Maqu and Min County of Gansu Province

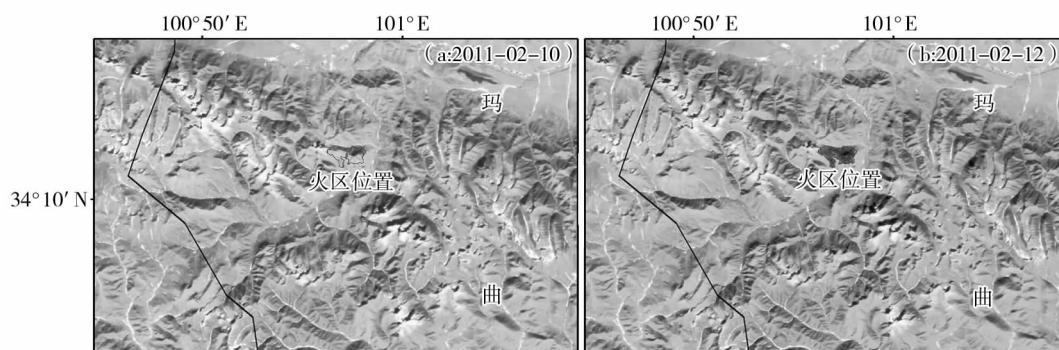


图 3 玛曲县境内火灾前后 HJ 遥感监测图

Fig. 3 Monitoring before (a) and after (b) the fire by HJ satellite in Maqu of Gansu Province

为 87.5%。利用同样的方法对 2012 年 12 月 6 日甘肃省岷县境内发生的火灾进行监测,得到了火灾发生前后对比遥感监测图(图 4)。可以看出,HJ 监测到的甘肃岷县境内的过火面积为 19.8 hm<sup>2</sup>,同期的

MODIS 提取的过火面积为 25 hm<sup>2</sup>。与甘肃省草原监理站提供的准确过火面积 18 hm<sup>2</sup> 对比,监测精度分别为 90%、61.1%。可见,HJ 卫星较 MODIS 监测草原火灾精度更高。

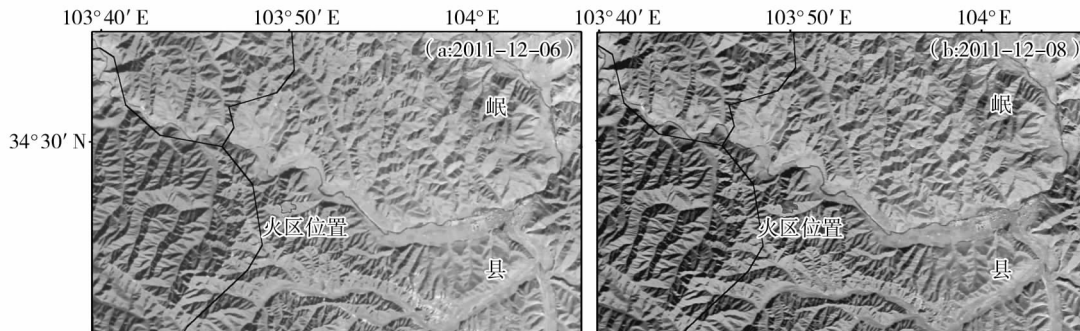


图 4 岷县境内火灾过火前(a)后(b)HJ 遥感监测图

Fig. 4 Monitoring before (a) and after (b) the fire by HJ satellite in Min County of Gansu Province

## 4 结论与讨论

针对 NOAA/AVHRR、MODIS、FY3A 和 HJ 等多个卫星的火灾监测实践应用,不同卫星有其各自的优点,因此如何利用多源卫星开展火灾监测服务,是一个重要的研究方向。在环境减灾卫星进行草原火灾监测的过程中,利用 IRS 数据对火点位置进行准确定位,结合 CCD 图像计算区域目标过火前后植被差异,从而最大程度上避免误判的产生,提高判断草原火点的精度,从 2 次实例分析可以得到,其面积计算精度都在 90% 以上。

利用环境减灾卫星资料进行草原火灾动态监测具有较好的应用前景,其监测的准确率和定位精度等方面较 NOAA/AVHRR、MODIS 和 FY3A 等卫星有较大的提高。目前使用环境减灾卫星对甘肃省草原火点的监测还存在一些亟待解决的问题:(1)目前甘肃省还没有环境减灾卫星的接收站,在火情监测过程中主要还是采用 NOAA/AVHRR、MODIS 和 FY3A 进行实时监测,发现火点后,确定经纬度坐标位置,再从中国资源卫星应用中心网站下载数据资料进行处理分析,资料的下载存在明显的滞后性(时间不定),因而火灾监测的时效性稍差;(2)由于搭载红外多光谱相机的 HJ-1B 星重访时间是 4 d,所以当发生火灾时,可能没有正好过境的资料进行下载,当然火区的确认也可以通过 CCD 相机的图像对比分析得到。我们相信随着该领域研究工作的进一步开展,环境减灾卫星数据在草原防火中的应用技术也将会日趋成熟,其应用技术也将越来越完善。

## 参考文献:

- [1] 覃先林,易浩若,纪平. AVHRR 数据小火点自动识别方法研究[J]. 遥感技术与应用,2000,15(3):36-40.
- [2] 刘诚,李亚军,阎华. 气象卫星火情监测判识方法的改进[J]. 气象科学,2003,29(增刊):35-40.
- [3] 刘诚,李亚军,赵长海. 气象卫星亚像元火点面积和亮温估算方法[J]. 应用气象学报,2004,15(3):273-280.
- [4] 易浩若,纪平. 森林过火面积的遥感测算方法[J]. 遥感技术与应用,1998,13(3):10-13.
- [5] 梁芸. 甘肃省森林、草原火灾定量判识方法研究[J]. 干旱气象,2004,22(4):60-63.
- [6] 付迎春,速云中,钟小君. 基于 MODIS 遥感影像的森林火灾火点检测方法[J]. 华南师范大学学报(自然科学版),2008(3):112-118.
- [7] 段颖,周汝良,刘智军. 基于 CBERS 遥感数据的云南安宁“3.29”火灾面积评估[J]. 云南地理环境研究,2009,21(1):89-93.
- [8] Pereira J M C, Chuvieco E, Beaudoin A, et al. Remote sensing of burned areas, review of remote sensing methods for the study of large wild land fires[R]. Alcalá: University of Alcalá, 1997,127-271.
- [9] 陈本清,徐涵秋. 遥感技术在森林火灾信息提取中的应用[J]. 福州大学学报(自然科学版),2001,29(2):23-26.
- [10] 郭朝辉,亓雪勇,龚亚丽,等. 环境减灾卫星影像森林火灾监测技术方法研究[J]. 遥感信息,2010(4):85-99.
- [11] 彭光雄,沈蔚,郭继发,等. 利用环境小卫星 HJ 的火点自动探测方法[J]. 红外与激光工程,2011,40(9):1618-1623.
- [12] 张新荣,林纾,杨民. 甘肃省夏季极端最高气温的气候特征[J]. 干旱气象,2004,22(3):44-48.
- [13] 郭妮,梁芸. 利用 MODIS 资料定量判识沙尘暴方法研究[J]. 干旱气象,2006,24(1):1-6.
- [14] 秘晓东,张强,胡文超. 干旱气候观测系统[J]. 干旱气象,2005,23(1):78-83.
- [15] 李星敏,杨兴国,王钊,等. 西北四省干旱遥感监测方法-以 Erdas 软件为例[J]. 干旱气象,2007,25(1):83-87.

- [16] 汪继伟,刘刚,马海涛,等. 环境减灾卫星在宏观监测汇总的最佳波段组合研究[J]. 中国科技信息,2011,16(3):56-58.
- [17] 冯蜀青,伏洋. 青海省草场火情卫星遥感监测的应用[J]. 青海草业,2004,13(3):33-35.
- [18] 周艺,王世新,王丽涛,等. 基于 MODIS 数据的火点信息自动提取方法[J]. 自然灾害学报,2007,16(1):88-93.
- [19] 谭明艳,陈仲兴,曹鑫. 利用 MODIS 数据识别草原火灾迹地方法的研究[J]. 遥感学报,2007(3):340-349.

## Application of HJ Satellite in Monitoring Grassland Fire in Gansu Province

JIANG Youyan<sup>1,2</sup>, HUANG Jin<sup>3</sup>, LI Minxuan<sup>2</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Northwest Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China; 3. Meteorological Disaster Reduction Department of Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** The fire remote-sensing method based on HJ was developed by analyzing the spectral characteristics of HJ and referring to the fire monitoring model of MODIS. The localized threshold of the corresponding channels of HJ was studied according to grassland fires occurred in Maqu on February 10, 2011 and Minxian county on December 8, 2012. The study extracted the range of fire and calculated the burned area through multi-temporal threshold method of the vegetation index. At the same time, the results were compared with the burned area observations of the Grassland Management Station of Gansu and MODIS over the same time. The results show that the threshold of the second point of fire was determined as  $T_4 > 310 \text{ K}$ ; the fire area from HJ satellite was  $65.3 \text{ hm}^2$  in Maqu,  $19.8 \text{ hm}^2$  in Minxian, and the measurement accuracy was 98% and 90%, respectively, which was improved by 10.5% and 28.9% compared with MODIS. The HJ satellite has much higher spatial resolution, much more refined results and good applicative value.

**Key words:** HJ satellite; grassland fire; threshold of  $T_4$