

# 新一代静止气象卫星林火监测研究

石艳军<sup>1,2</sup>, 单海滨<sup>1</sup>, 张月维<sup>1</sup>, 胡民达<sup>1</sup>

(1.广州气象卫星地面站, 广东 广州 510640;

2.中国气象局中国遥感卫星辐射测量和定标重点开放实验室, 国家卫星气象中心, 北京 100081)

**摘要:**新一代静止气象卫星具有高频次、全覆盖优势,对林火有着非常好的监测能力。从林火遥感原理出发,首先分析了AHI/葵花8号和AGRI/风云四号仪器的特点,介绍了可用于林火探测的通道特性。然后,从火点判识算法、林火监测流程和林火反查系统3个方面,研究了林火监测系统的构建,包括应用中要注意的细节和应用的尝试。其中林火反查系统是首次提出,对改进系统的算法和提高监测的准确率有重要作用。目前,AHI/葵花8号林火产品已投入本站业务使用,对防灾减灾提供了重要保障。

**关键词:**新一代静止气象卫星;林火监测;AHI/葵花8号;AGRI/风云四号

**中图分类号:**S762.3 **文献标识码:**A

卫星遥感林火监测因其全天候、广区域的优势,已成为目前森林火灾最主要的监测方式。用于林火监测的气象卫星遥感仪器主要有AVHRR/NOAA、MODIS/EOS、VIRR/FY3和VIIRS/NPP等。Kaufman, 赵文化, 周小成, 周利霞等<sup>[1-5]</sup>对MODIS/EOS数据和算法进行了一系列研究。AVHRR/NOAA具有中红外、热红外波段的通道, Nakayama, 刘诚, 覃先林, 赵彬等<sup>[6-9]</sup>等对AVHRR/NOAA开展了一系列研究和应用探索。随着FY3、NPP、METOP等新一代极轨气象卫星的陆续发射和应用, 徐拥军, 张月维, 郭捷, 罗晓霞等<sup>[10-13]</sup>对新一代极轨气象卫星探测器VIRR和VIIRS等作了较深入的研究和应用探讨。国家卫星气象中心从1986年开始开展利用气象卫星资料监测林火的研究和服务, 近年来利用气象卫星监测林火已经在全国各地形成业务, 发挥了巨大的社会、经济和生态效益。但是极轨卫星是绕两极呈带状扫描, 以广州为例, 全天只有4次经过广州上空, 无法实现全时

段、全区域的覆盖。

静止气象卫星在这块具有天然的优势, 受星地距离及探测器分辨率的限制, 早先的静止气象卫星无法用于林火监测, 然而新一代高时空分辨率的静止气象卫星在天气、气候、环境、地表等方面都具有较好的监测能力, 如2014年10月7日发射的日本葵花8号以及2016年12月11日发射的中国FY-4A<sup>[14-15]</sup>。葵花8号携带的AHI和风云四号AGRI成像仪均具有观测频次高、覆盖范围广的特点, 波段范围覆盖可见光至远红外, 在林火观测上具有巨大的优势。本文利用广州气象卫星地面站多年来在林火监测业务上的科研基础, 根据AHI/葵花8号和AGRI/FY-4A探测通道的特点, 开展新一代静止气象卫星的林火监测研究。

## 1 遥感林火监测原理

高于绝对温度的物体都在不断向外辐射电磁

收稿日期: 2017-10-18

基金项目: 广东省社会发展气象领域计划项目(12); 广东省气象局课题(2016B08)资助。

波,温度升高会导致热辐射增强<sup>[16]</sup>。斯蒂芬-波尔兹曼定律

$$M(T)=\varepsilon\delta T^4 \quad (1)$$

式中, $M$ 为单位时间内全波长黑体辐射出的总能量密度, $\varepsilon$ 为辐射系数, $\delta$ 为斯蒂芬-波尔兹曼常数, $T$ 为物体绝对温度。辐射能量密度与该物体绝对温度的4次方成正比,当物体温度略微升高时,辐射能量密度就会极大地增长。

普朗克黑体辐射定理描述了黑体辐射出的能量与波长和绝对温度之间的关系,即

$$M(\lambda,T)=\frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp(\frac{hc}{\lambda kT})-1} \quad (2)$$

式中, $M$ 为单位立体角内特定波长黑体辐射功率, $\lambda$ 为波长, $T$ 为绝对温度, $h$ 为普朗克常数, $k$ 为玻尔兹曼常数, $c$ 为光速,黑体辐射出的能量仅与波长和绝对温度相关。

另外,根据维恩位移定律,常温地表辐射峰值波长在11  $\mu\text{m}$ 左右;当物质着火时,温度可达750 K以上,辐射峰值波长就位于4  $\mu\text{m}$ 左右。该波长正好对应卫星探测器的红外通道,遥感林火监测正是利用了上述原理,利用不同波长热辐射的差异性判定火点<sup>[17]</sup>。图1为利用普朗克黑体辐射定理计算获得的3.7  $\mu\text{m}$ 和11  $\mu\text{m}$ 通道黑体辐射功率。

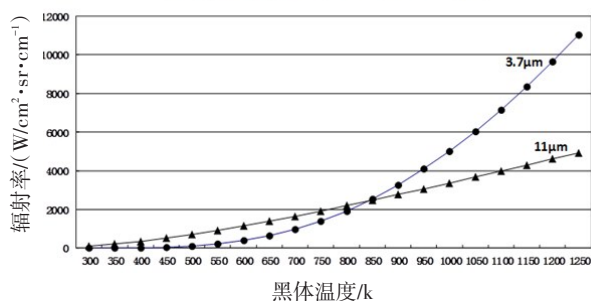


图1 3.7  $\mu\text{m}$ 和11  $\mu\text{m}$ 通道黑体辐射功率

## 2 AHI和AGRI仪器介绍

葵花8号成像仪AHI具有全盘和区域扫描能力,能够在10分钟内完成全盘扫描,共有16个通道,波段从0.46  $\mu\text{m}$ 到13.3  $\mu\text{m}$ ,其空间分辨率有

0.5 km、1 km和2 km三种。它有3个可见光通道,13个近红外和红外通道。我们可以根据上述卫星监测原理,选取与林火监测相关通道,即4  $\mu\text{m}$ 和11  $\mu\text{m}$ 附近通道。表1列出了相关通道的特性。FY-4A成像仪AGRI特性与AHI类似,受制于探测器和制冷器研制水平,部分通道特性较AHI低,AGRI能够在15分钟内完成全盘扫描,共有14个通道,波段从0.45  $\mu\text{m}$ 到13.8  $\mu\text{m}$ ,其空间分辨率有0.5 km、1 km、2 km和4 km四种。它有3个可见光通道,12个近红外和红外通道。表2列出了AGRI与林火监测相关通道的特性。

表1 AHI林火监测相关通道特性

通道号	波长/ $\mu\text{m}$	分辨率/km	主要用途
7	3.9	2	地表温度、云顶温度
13	10.4	2	地表温度、云顶温度
14	11.2	2	地表温度、云顶温度
15	12.3	2	地表温度、云顶温度

表2 AGRI林火监测相关通道特性

通道号	波长/ $\mu\text{m}$	分辨率/km	主要用途
7	3.725 $\pm$ 0.025H	2	地表温度、云顶温度
8	3.725 $\pm$ 0.025L	4	地表温度、云顶温度
13	10.8 $\pm$ 0.5	4	地表温度、云顶温度
14	12.0 $\pm$ 0.5	4	地表温度、云顶温度

## 3 林火监测系统构建

### 3.1 火点判识算法

卫星林火监测算法一般将火点按亮温大小分为绝对火点与相对火点。绝对火点的识别是依据火点本身中红外辐射特征,而相对火点的识别则是依据火点辐射与背景辐射之间的差异。广州气象卫星地面站对此已有很多研究,算法及改进算法详见广州气象卫星地面站所进行的相关研究<sup>[2,5,11,12]</sup>。

### 3.2 林火监测流程

林火监测流程主要分为数据获取、提取通道信息和经纬度、区域投影、快速大气校正、云检测、

水体判识、耀斑滤除以及火点判识等。图2为本站林火监测流程示意图。在低纬度地区遥感林火监测应用中,尤其夏季经常会受到太阳耀斑的严重影响,即使在太阳耀斑8度区外侧背景亮温亦有波及。利用FOV、卫星与太阳之间的相对几何关系计算耀斑角,然后使用一个耀斑角经验阈值确定耀斑区域。具体为下面计算公式中lt 8调整为lt 12。

$$glint = (tr \ lt \ 2) \ or \ [(tr \ lt \ 8) \ and \ (r \ 0.65 \ gt \ 0.10) \ and \ (r \ 0.86 \ gt \ 0.20)] \quad (3)$$

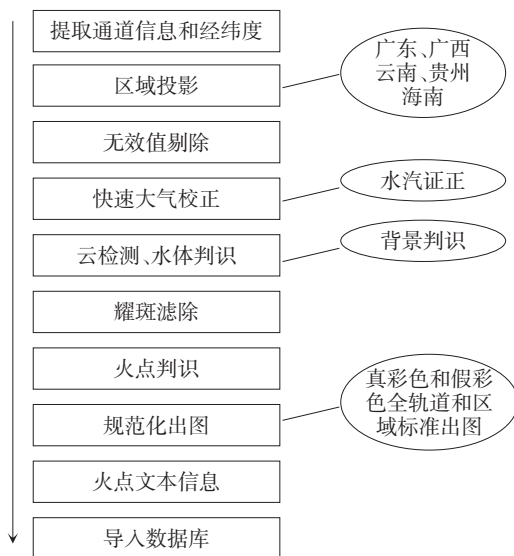


图2 林火监测流程

### 3.3 林火反查系统

受仪器、算法等多种因素的限制,尽管林火监测系统已有很高的精度和准确率,但依然存在漏报和误报的情况。本研究设计了一个基于GUI的林火漏报反查系统。通过与相关林火主管部门的合作,根据实际情况,提取漏报林火的经纬度、时间等信息,反查相应通道的信息,通过调整算法等相关措施,重新判识。通过弥补过往常规的林火监测系统缺少这样一个模块的缺陷,可以反过来提高算法,从而提高林火监测的准确率。图3为林火反查系统流程。

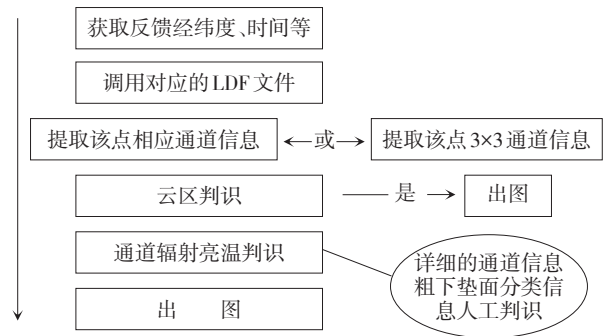


图3 林火反查系统流程

葵花8号卫星自2015年7月7日已开始向全球实时广播葵花8号数据,中国气象局国家气象卫星中心可以近实时地接收葵花8号全部通道原始分辨率的数据,并向全国各省下发。图4为使用葵花8号通过上述林火监测系统在森林火灾中的一次应用尝试。中国风云四号卫星目前尚未正式下发卫星资料,工作有待进一步开展。

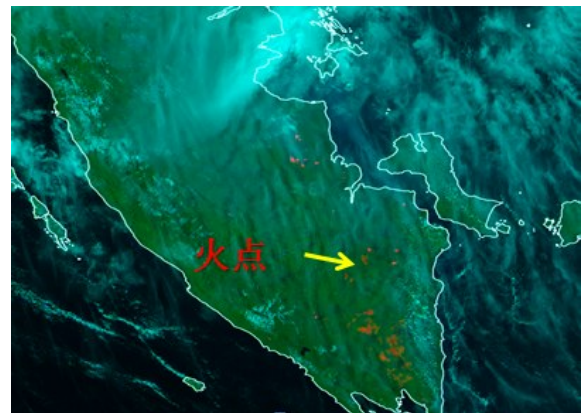


图4 葵花8号林火监测应用尝试

## 4 结论

新一代静止气象卫星高频次、全覆盖的优势,对林火、台风以及天气气候等方面都具有较好的监测能力。随着卫星遥感资料陆续投入使用,将为全球提供高质量的数据服务,提高防灾减灾能力。本文借助本站长期在林火研究和服务工作中

的优势,开展了对新一代静止气象卫星的林火监测研究。目前 AHI/葵花 8 号林火产品已投入使用,AGRI/风云四号林火监测还在研究之中,应用效果有待进一步的检验。利用反查系统可以反过来优化算法。未来还可以利用极轨卫星与静止卫星对比研究,进一步提高系统识别精度,为服务全球林火监测提供可靠的保障。

#### 参考文献

- [1] Kaufman Y J, Justice C, Flynn L. Monitoring global fires from EOS-MODIS[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1998, 102(29): 611-624.
- [2] 赵文化,单海滨,钟儒祥.基于 MODIS 火点指数监测森林火灾[J]. *自然灾害学报*, 2008, 17(3): 152-157.
- [3] 周小成,汪小钦. EOS-MODIS 数据林火识别算法的验证和改进[J]. *遥感技术与应用*, 2006, 6(3): 206-210.
- [4] 周利霞,高光明,邱冬生,等.基于 MODIS 数据 FPIN-DVI 火灾监测方法研究[J]. *安全与环境学报*, 2008, 4(4): 22-26.
- [5] 何全军,刘诚. MODIS 数据自适应火点检测的改进算法[J]. *遥感学报*, 2008, 12(3): 448-452.
- [6] Nakayama M, Maki M. Contextual algorithm adapted for NOAA-AVHRR fire detection in Indonesia[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, 20(17): 3415-3421.
- [7] 刘诚,李亚军,赵长海等.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.
- [8] 覃先林,易浩若,纪平等. AVHRR 数据小火点自动识别方法研究[J]. *遥感技术与应用*, 2000, 15(1): 36-40.
- [9] 赵彬,赵文吉,潘军等. NOAA-AVHRR 数据在吉林省东部林火信息提取中的应用[J]. *国土资源遥感*, 2010, 83(1): 76-80.
- [10] 徐拥军. 基于 FY3A/VIRR 数据火情监测系统的设计与实现[D]. 北京:中国地质大学, 2012.
- [11] 张月维,何全军,黄江. 多颗气象卫星连续监测林火的序列图构建[J]. *森林防火*, 2014, (2): 29-31.
- [12] 郭捷,张月维,赵文化,何全军. 风云三号 C 星 VIRR 数据的林火监测研究[J]. *森林防火*, 2015, (1): 45-48.
- [13] 罗晓霞,齐中孝,陈宪冬. S-NPP 及 VIIRS 在林火监测中的应用[J]. *地理空间信息*, 2016, 14(11): 78-81.
- [14] Yu Y, Tarpley, D. Privette J.L. and so on, Xu H. Developing algorithm for operational GOES-R land surface temperature product[J]. *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*, 2009, 47(3): 936-951.
- [15] 张鹏,郭强,陈博洋,冯绚. 我国风云四号气象卫星与日本 Himawari-8/9 卫星比较分析[J]. *气象科技进展*, 2016, 6(1): 72-75.
- [16] 刘淑青. 基于数字图像处理的火焰温度测量技术分析[J]. *信息通信*, 2013, (6): 13-15.
- [17] 戎志国,刘诚,孙涵等. 卫星火情探测灵敏度试验与火情遥感新探测通道选择[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(8): 866-871.

(责任编辑:陈小华)