

气象卫星遥感监测在森林防火中的应用*

苏力华¹, 楼玫娟², 肖金香¹, 冯敏玉¹, 王保生³

(1 江西农业大学 教务处, 江西 南昌 330045; 2 江西省资溪县林业局, 江西 资溪 335300;

3 江西省气象科学研究所, 江西 南昌 330046)

[摘 要] 利用NOAA 极轨卫星AVHRR 第3通道资料, 结合地面森林分布状况及当时天气条件能有效监测森林火灾, 并通过AVHRR 3, 4通道辐射温度的差异计算森林火灾面积, 监测面积与实测面积吻合。在监测实例分析的基础上提出江西省全年均应为森林防火期。

[关键词] 气象卫星; 森林防火; 遥感监测

[中图分类号] S762.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)11-0085-04

森林火灾是自然灾害中最严重的一种, 森林一旦发生火灾, 不仅会使辛苦几十年培育的森林顷刻间化为灰烬, 而且会对生态环境带来严重的负面影响。我国森林火灾分布较广, 南起台湾, 北至黑龙江; 东始江苏, 西抵西藏, 均有森林火灾发生。20世纪50年代至80年代末, 我国森林火灾的累计面积达到3 621万 hm^2 , 占全国现有森林面积的31.4%, 平均每年发生森林火灾15 838 1次, 年平均受害面积953万 hm^2 , 森林受害率达8.3%, 居世界首位, 每年直接经济损失70~100亿元^[1]。近年来, 由于旱灾加剧, 森林火灾频发, 导致的直接经济损失不亚于旱灾、水灾^[1], 因此森林防火工作任务十分艰巨, 同时森林防火也是国家林业部提出加快林业建设步伐的重要组成部分。开展森林火灾监测, 对保护森林资源、促进生态建设和林业可持续发展具有十分重要的意义。

自1960年美国第一颗气象卫星发射以来, 随着人造卫星和遥感探测技术的发展, 为从空间勘测地球资源开辟了一条新途径。气象卫星遥感具有探测范围大、观测项目多、迅速反映动态变化、成图迅速、成本低、观测时间长、获取资料多, 可进行多维空间观测等优点。因此, 被广泛用于自然灾害监测^[2~4]、环境监测^[5,6]、农作物面积监测^[7,8]、病虫害监测^[9,10]、城市绿地提取^[11]以及候鸟迁徙路径跟踪^[12]等各个方面。江西省气象局自1991年建立遥感监测系统以来, 通过对全省林火监测, 为及时组织扑火提

供了保证, 因此每年减少直接经济损失100多万元, 气象卫星遥感监测在森林防火中发挥了重要作用。

1 监测原理

1.1 火点的监测原理

地面观测和空中遥感证实, 3~5 μm 光谱对燃烧的火焰特别敏感^[13], 高精度分辨率辐射计(AVHRR)第3通道正处在3~5 μm 光谱范围内。AVHRR通道接收的目标辐射可由下式描述:

$$L(T) = \int_0^{\infty} \epsilon_{\lambda} B_{\lambda}(T) Q(\lambda) d\lambda$$

式中, L 为仪器辐射值, ϵ_{λ} 为比辐射率, B 为温度 T 时的 Planck 函数, λ 为波长。根据维恩定律:

$$T(\lambda_m) = 2897.8 (\mu\text{m} \cdot \text{K}),$$

式中, λ_m 是温度为 T (K) 时黑体辐射量最大时的波长。温度越高, 辐射能量峰值时的波长越向短波方向移动。常温地球辐射能量最大峰值在11 μm 附近时, 森林火灾温度一般在70~1200 $^{\circ}\text{C}$, 其辐射能量的峰值波段在3~7 μm 左右, 而AVHRR第3通道正好在此范围, 因此AVHRR能有效监测森林火灾。

1.2 森林火灾温度和面积的监测原理

森林火灾发生的原因很多, 但利用AVHRR第3, 4通道资料可以对其温度和面积进行判断。通道3波谱范围为3.55~3.93 μm , 通道4波谱范围为10.5~11.5 μm 。其辐射率(R)和辐射温度(T)之间

* [收稿日期] 2004-04-13

[基金项目] 江西省林业厅“井冈山地区森林火灾发生和综合预防技术措施研究”部分内容(200211)

[作者简介] 苏力华(1966-), 男, 江西莲花人, 实验师, 主要从事林业气象、高等教育管理研究。

[通讯作者] 肖金香(1952-), 女, 江西广丰人, 教授, 主要从事森林防火研究。

的关系服从普朗克定律:

$$R(\gamma, T) = \frac{C_1 \gamma^3}{\exp(C_2 \gamma / T) - 1}$$

式中, γ 为通道的中心频率; C_1, C_2 为常数; 通道 3, 4 的辐射率 (R) 和辐射温度 (T) 的关系见图 1。

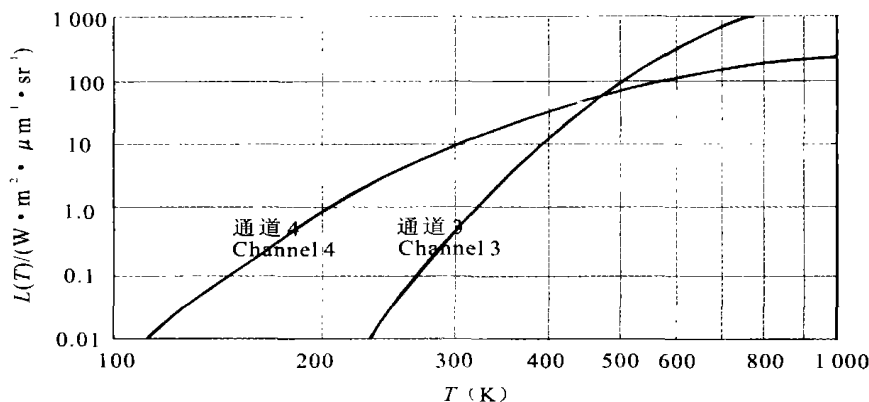


图 1 AVHRR 通道 3, 4 的 R - T 关系图

Fig 1 Relation between R - T AVHRR data of channel 3 and those of channel 4

图 1 中 $L(T)$ 为 AVHRR 通道接收的目标辐射, T 为辐射体的绝对温度。从图 1 可以看出, 在温度较低情况下, 即 $T < 450$ K 时, 在通道 4 测得的向上辐射值高于通道 3, 随着地面温度升高, 通道 3 对温度变得越来越敏感, 特别是当地面温度高于 800 K 时, 通道 3 测得的向上辐射值远远高于通道 4。如果在一个视场内有一小块面积, 其辐射温度明显大于或小于背景温度, 则可利用此差异计算其辐射温度和面积。

2 卫星接收与操作

2.1 卫星接收监测流程

卫星接收监测流程: 卫星资料接收处理 → 投影处理 → 定标处理 → 定火灾点阈值 → 找出火点 → 计算火灾面积和位置 → 结果输出。

2.2 实际监测步骤

采用 NOAA 卫星信息对火灾监测过程中的图像用 1, 2, 3 通道合成的彩色影像进行处理, 即对可见光第 1 通道 ($0.56 \sim 0.68 \mu\text{m}$) 赋予蓝色, 对近红外第 2 通道 ($0.725 \sim 1.1 \mu\text{m}$) 赋予绿色, 使森林其他植被呈蓝绿色, 烟呈蓝色; 对热红外第 3 通道 ($3.55 \sim 3.93 \mu\text{m}$) 赋予红色。经处理后, 能清晰分辨出正在燃烧的火区呈红色或鲜红色, 并伴随蓝色的烟, 根据烟的走向可判断当地风向; 已过火区呈暗红色, 对判断火区位置和过火面积非常有利。

由于 NOAA 卫星轨道的位置姿态、时间等差异, 会对经过投影处理后的资料造成极大的定位误差, 对火点监测来说, 此误差会造成火点位置的极大

误差, 导致应用上的精度减弱。因此, 必须进行定位的地标校正。江西省采用的判识目标是鄱阳湖进入长江的入水口、柘林水库等长年变化小的水体。从地图上确定这些地标的实际位置与经定位计算出的位置之间的差异, 然后修正定位数据使二者相符。修正后的定位精度一般小于 2 个像素的距离。经过这种处理后, 监测火点位置与实际火点位置的差异一般 ≤ 2 km。

3 应用与分析

以 1995 年江西彭泽县一次有代表性的森林火灾个例分析, 说明气象卫星遥感监测的重要性和应用。1995-02-27~03-02 在江西彭泽县梅花鹿自然保护区发生了一场森林火灾, 持续时间 3 d, 持续时间之长在江西省内是少见的。对此次森林火灾, 江西省气象局气象卫星遥感室从 1995-02-27 19:00 发现火点开始, 到 03-02 凌晨熄灭, 利用 NOAA 双星进行了连续监测。

3.1 火点动态监测

02-27 19:00 通过 NOAA-12 监测到东经 $116^{\circ}37'$, 北纬 $29^{\circ}56'$, 即彭泽县泉山东北 $2 \sim 3$ km 处有一火点。因江西林火多年来在发现后几小时内即可扑灭, 所以观测员按常规在报告火点位置后便不再进行监测。02-28 13:20, NOAA-14 监测到彭泽县泉山附近仍有火点存在, 其火势有明显加大蔓延的趋势, 且分为 2 个火点, 具体位置一处为东经 $116^{\circ}40'$, 北纬 $29^{\circ}47'$, 位于彭泽黄岭东 11 km; 一处为东经 $116^{\circ}35'$, 北纬 $29^{\circ}43'$, 位于彭泽码头桥北

3 km, 2 个火点相距约 10 km。02-28 彭泽气温高达 13 以上, 天气晴好, 风力较小, 风向偏北, 构成了有利于火势蔓延的天气条件。02-28 18: 45, NOAA-12 资料表明, 彭泽上空有云层遮蔽, 但仍能判断在东经 116 35′, 北纬 29 50′, 即彭泽黄花村西南 1 km 处有火点。至 03-01 凌晨 1: 47, 监测到火区向东偏北方向蔓延, 位置为东经 116 38′, 北纬 29 58′; 7: 00, 彭泽上空再次被云层遮蔽, 无法直接感应火区位置, 但其上空云层温度明显高于周围区域; 中午 13: 00, 监测到彭泽火区向西南偏移, 位置为东经 116 25′, 北纬 29 39′; 此时气温高达 14 , 空气相对湿度为 52%, 风向偏东; 18: 20, 东经 116 39′, 北纬 29 56′ 处仍有火点。至 03-02 凌晨 1: 30, 彭泽未再发现火区。火区蔓延见图 2。

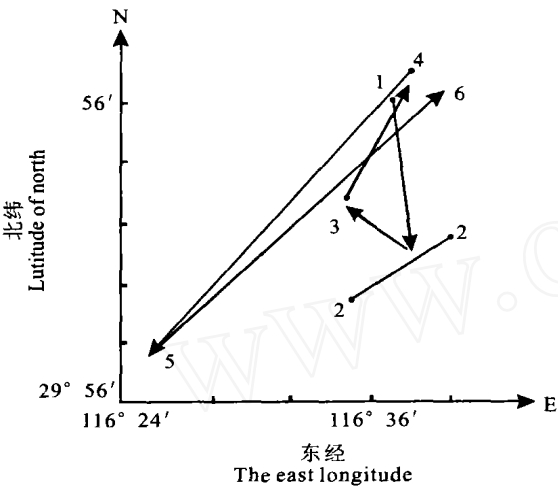


图 2 彭泽县火灾区蔓延示意图(1995-02-27~ 03-01)

1 02-27 19: 00; 2 02-28 13: 00; 3 02-28 18: 00;
4 03-01 1: 00; 5 03-01 13: 00; 6 03-01 18: 00

Fig 2 The spread map of fire area in Pengze

1 02-27 19: 00; 2 02-28 13: 00; 3 02-28 18: 00;
4 03-01 1: 00; 5 03-01 13: 00; 6 03-01 18: 00

3 2 过火面积的计算

过火区植被指数与未过火区相比有明显差异, 过火区植被的近红外通道的反射率小, 而未着火的植被反射率高, 危害越严重的区域反射率越小。因而可采用近红外通道的反射率强弱计算过火面积。

3 3 验证

为了验证气象卫星对彭泽火区动态监测的结果, 进行了实地调查, 结果如下:

- 1) 位置误差, 火灾开始于 1995-02-27 15: 00 左右, 因当时没有卫星过境, 无法进行监测。
- 2) 02-28 中午的 2 个火点, 是为了防止火势蔓延在原火点上风头约 10 km 处开辟了一条人工防火带, 并人为点火, 因而监测到 2 个火点。
- 3) 过火面积误差, 经林业部门现场测量及从 5 万分之一地图上定点计算, 过火面积与遥感测算面积相符。

3 4 林火监测服务效益

江西省自 1991 年建立遥感监测系统以来, 对全省林火进行了监测。本文选择表 1 为近几年的气象卫星遥感监测林火信息的资料, 从表 1 可以看出, 气象卫星遥感监测准确率较高, 在 80%~ 90%。2003-07 以来, 高温干旱日数多, 降水日数少, 火点多, 由于监测准确, 林火发现早, 定位正确, 为及时组织扑火提供了保证。如 2003-07-28 15: 00~ 07-29 21: 00 井冈山的森林火警由于发现早, 及时组织扑救, 把损失降到了最低程度, 过火面积仅为 0.547 hm²。

随着全球气候变暖, 森林火灾发生越来越频繁, 由于林火空间格局受多种因素影响^[14, 15], 江西省森林防火期不再是 10 月~ 翌年 4 月, 而是全年都为防火期。2003 年 7~ 8 月份, 井冈山的火警及抚州临川、玉山四股桥的森林大火, 无一不说明气象卫星监测在森林防火中的巨大作用。

表 1 气象卫星遥感监测林火信息表					
Table 1 Remote sensing information table of forest fire monitored by the meteorological satellite					
监测日期 Monitoring dates	监测总日数/d Total number of days monitored	监测火点 Fire spot monitored	反馈信息 Feedback information	准确率/% Accurate rate	未反馈信息/% Unfeedback information
2001-11~ 2002-04	181	193	155	80.3	19.7
2003-01~ 04	120	119	107	89.9	10.1
2003-07-16~ 09-30	77	125	114	91.2	8.8

4 结论与讨论

林火监测的方法很多, 有地面巡护、了望台监测、航空巡护和林火卫星监测 4 个空间层次。其中卫星遥感监测优势最强, 能早期发现火点, 准确判断火

场位置, 计算森林燃烧时间和受害面积, 为扑火提供了准确的决策依据。

遥感在林火监测上有其独特优势, 分辨率高, 发现早。发现火情可及时通知林业部门采取措施, 阻止火点蔓延, 使林火造成的损失降到最低程度。遥感监

测已成为森林火灾发生预警的技术手段之一。

根据近几年旱灾加剧,森林火灾发生频数增加,气象卫星遥感应常年监测,森林防火期不再是 10 月至翌年 4 月(江西),而是全年。2003-07-28 江西井冈山森林火警发生就是一个例子。

众多应用和研究表明,遥感可以广泛应用于资源的宏观监测,而且应用多时相数据开展变化监测的方法最成熟。但应用中应注意季节变化和植被变化,以确定合适的火点阈值。

[参考文献]

- [1] 肖金香. 森林防火学[M]. 南昌: 江西农业大学出版社, 1998
- [2] 王保生, 肖金香. 江西省森林火险气象卫星遥感监测的应用研究[J]. 江西农业大学学报, 1996, (3): 300- 303
- [3] 黄淑娥, 章毅之, 辜晓青. 基于遥感(RS)和地理信息系统(GIS)的鄱阳湖区洪涝灾害研究[J]. 江西气象科技, 2003, 26(4): 44- 46
- [4] 李星敏, 郑有飞, 刘安麟. 我国用NOAA/AVHRR 资料进行干旱遥感监测的方法综述[J]. 中国农业气象, 2003, 24(3): 38- 41
- [5] 王 健, 李文君, 宋冬梅, 等. 近 30 年来民勤土地荒漠化变化遥感分析[J]. 遥感学报, 2004, 8(3): 282- 284
- [6] 喻光明. 渍害遥感识别的基本原理与方法[J]. 环境遥感, 1995, 10(1): 9- 14
- [7] 董谢琼, 徐 虹, 浦吉存. GIS、GPS 支持下的云南春季作物遥感信息提取[J]. 中国农业气象, 2003, 24(4): 35- 36
- [8] 浦吉存, 董谢琼, 尤 临, 等. NOAA/AVHRR 资料在低纬高原小春作物估产中的初步应用[J]. 中国农业气象, 2004, 25(1): 54- 55
- [9] 杨建国, 金晓华, 郭永旺, 等. 遥感技术麦蚜监测应用研究[J]. 中国农学通报, 2001, 17(6): 4- 8
- [10] 武红敢, 石 进. 松毛虫灾害的 TM 影像监测技术[J]. 遥感学报, 2004, 8(2): 172- 177
- [11] 黄慧萍, 吴炳方, 李苗苗, 等. 高分辨率影像城市绿地快速提取技术与应用[J]. 遥感学报, 2004, 8(1): 68- 69
- [12] 马建文, 戴 芹, 陈 雪, 等. 白枕鹤迁徙路径与地理条件变化信息的遥感监测[J]. 遥感学报, 2004, 8(3): 269- 270
- [13] 谷松岩, 范在锡. FY-2 和 QM S-5 红外通道遥感图像的功力分辨分析[J]. 应用气象学报, 1999, 10(3): 240- 242
- [14] 舒立福, 寇晓军. 森林特殊火行为格局的卫星遥感研究[J]. 火灾科学, 2001, (3): 140- 148
- [15] Robert E K, Kevin C R, Steven W R. Simulating effects of fire on northern Rocky Mountain landscape with the ecological process model FIRE-BGC[J]. Tree Physiology, 1996, 16: 379- 331

Application of remote sensing monitoring by the meteorological satellite in forest fire-proof technique

SU L i-hua¹, LOU M ei-juan², XIAO J in-xiang¹, FENG M in-yu¹, WANG Bao-sheng²

(1 Dean's Office, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China;

2 Zixi County Forestry Bureau, Zixi, Jiangxi 335300, China;

3 Institute of Meteorological Science of Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi 330046, China)

Abstract Making use of NOAA/AVHRR data of channel 3 and the forest distribution and the weather condition at the same time, we can effectively monitor forest fires and calculate the fired areas by temperature differences of radiation between AVHRR data of channel 3 and those of channel 4. The major period during which forest fires take place mostly is from October to April of the following year, it is the period of forest fire-proofing in Jiangxi province. According to the information analysis of meteorological satellite's monitoring, we draw a conclusion that the whole year in Jiangxi province should be in forest fire-proofing period.

Key words: meteorological satellite; forest fire-proof; remote sensing monitoring