

迭部“4.15”森林大火的气象条件 及 EOS 遥感监测

许东蓓^{1,3} 梁 芸² 蒲 肃³ 黄玉霞³ 王有生³

(1. 南京信息工程大学, 210044; 2. 中国气象局兰州干旱气象研究所;
3. 甘肃省专业气象台)

提 要: 利用 2003 年 4 月 15~18 日甘南迭部重大森林火灾资料以及 2002 年 5 月~2003 年 4 月气象资料, 分析了火灾的天气气候成因, 同时利用相应的 EOS/MODIS 遥感资料分析了前期土壤湿度以及着火状况。结果表明: 冬、春季气温偏高、降水偏少, 持续数月干旱是甘肃南部发生重大火灾的主要气候背景。西北区东部过渡季节干旱少雨的 500hPa 平均环流特征是欧亚大陆东岸大槽偏深、新疆脊偏强。北方冷空气底部锋区南压, 青藏高原上偏南气流发展是甘肃南部火灾环流形势之一。气温持续上升、湿度持续下降是火灾发生、蔓延的重要条件。通过研究发现, EOS/MODIS 资料能够较好地反映火灾前期的土壤湿度状况, 是准确监测火灾发生、估算火区面积、强度和蔓延趋势最有效途径。

关键词: 森林大火 气象条件 EOS 遥感监测

Meteorological Condition and EOS Telemetry of “4.15” Diebu Forest Fire

Xu Dongbei^{1,3} Liang Yun² Pu Su³ Huang Yuxia³ Wang Yousheng³

(1. Nanjing University of Information Science and Technology, 210044;
2. Institute of Arid Meteorology, CMA; 3. Gansu Speciality Observatory)

Abstract: Based on the fatal forest fire data from 15 to 18 April 2003 in Diebu, meteorological data and EOS/MODIS data from May 2002 to April 2003, the Meteorological Conditions of the fire are analyzed. The result shows that higher air temperature and fewer precipitation

in winter and spring, and long-term drought are the primary climate background of the fatal forest fire in the south of Gansu. The characteristics of 500hPa mean circulation of drought are as follow. There is a strong ridge at Xinjiang and a deep trough at the eastern coast of Eurasia. Cold front moved to south of Gansu and southerly wind developing is one of circulation features of fire in the south of Gansu. Continual increase of air temperature and continual decrease of humidity are the important conditions to fire happen and extend. It shows that the soil humidity can be reflected by EOS/MODIS, which is the most effective means to detect the happening of the fire, estimate the fire area of the fire.

Key Words: forest fire meteorological condition EOS telemetry

引 言

甘肃省地处长江、黄河上游,位于青藏、蒙新和黄土三大高原交汇地带,干旱少雨,自然条件严酷,生态环境脆弱。全省森林覆盖率为 9.9%,低于全国平均水平。保护和发展现有森林,对于涵养水源、调节气候、保持水土、改善生态环境,促进国民经济发展,保障农牧业生产乃至黄河、长江中下游人民生命财产的安全都具有十分重要的作用。

但是,宝贵的森林资源常常遭到多种因素的破坏。在危害森林的诸因子中,火灾是一种最具破坏性的因素,直接危及立木、土壤甚至于微生物和野生动物^[1,2]。甘肃省林草火灾形势相当严重,2003 年 4 月甘南迭部林业局达拉林场森林重大火灾,造成森林受灾面积达 600 多公顷的巨大损失,引起了党中央、国务院的高度重视。

虽然森林起火存在一定的人为因素,但它的发生、蔓延与气象要素变化密切相关,因此我国许多省份先后开展了相关研究。施望芝^[3]通过分析湖北省森林火灾,建立了一套较客观的火险天气环流形势预报指标。郑海青^[4]以福建省逐旬森林火险等级资料与相应旬雨量等级作数量化回归分析,建立了森林火险中期预报方程。张洪涛等^[5]通过在地

形坐标系中建立考虑森林植被影响的三维大气—土壤耦合动力学模式,对神农架林区历史上几次重大森林火灾发生期的气象要素场进行了模拟,并在此基础上计算神农架林区高分辨率的森林火险等级分布状态。张映堂等^[6]以引起滇中地区森林火灾的主要细小可燃物的含水率及初始蔓延速度的试验数据为基础,结合统计分析,在对森林火险等级进行实测的基础上建立数学模型和预报方法。

尽管我国在林火发生及火险天气预报方面已取得大量成果,但对于青藏、蒙新和黄土三大高原交汇地带天气气候条件对森林火灾的影响方面的研究还很少见,而结合卫星遥感资料分析森林火灾发生、发展的内容也较缺乏。本文试图通过分析“4.15”迭部森林大火天气气候成因,并利用 MODIS、NOAA 资料监测火情、分析前期土壤湿度情况,揭示特殊地理环境中森林火灾的天气环流形势及干旱对火灾的影响,为进一步作好青藏、蒙新和黄土三大高原交汇地带森林防火工作提供参考。

1 火灾遥感监测实况

2003 年 4 月 15 日 12 时 40 分,甘肃省迭部林业局达拉林场因民用高压线路短路引起森林火灾。火势蔓延迅速,火灾面积不断扩大。22 时 19 分,NOAA-17 卫星资料发

现迭部西南部有两个火点, 面积分别为 3km^2 和 2km^2 。随后在 23 时, EOS/MODIS 卫星资料显示迭部县西南部有大片火点存在, 面积约 39km^2 (包括明火区和受其影响的高温区)。4 月 16 日 03 时和 05 时, NOAA-16 卫星连续两次监测显示迭部县森林大火区主要向西蔓延, 气象资料表明此时火灾区上空已转晴, 盛行风向为偏东风, 风速约 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 这段时间是整个火灾中火情最为严重的阶段。中午 12 时 38 分, EOS/MODIS 卫星监测图上可以看到火区西南方隐约可见暗红色的过火区, 并有大片的烟雾向东北方向扩散 (图 1)。23 时 42 分林火比白天有所减弱, 明火区面积约为 15km^2 。17 日 11 时 42 分 EOS/MODIS 的资料显示火区面积约为 16.26km^2 , 与 16 日中午相比, 火区东北方大片的烟雾基本消失。到 4 月 18 日 23 时 28 分, 迭部林火区没有发现高温点, 可以判断林火已基本熄灭。

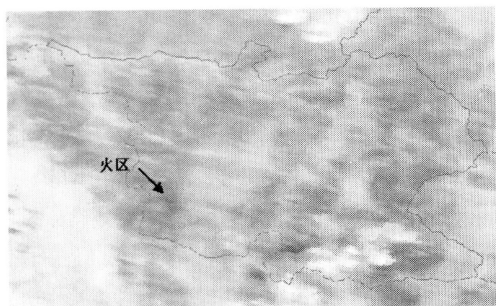


图 1 2003 年 4 月 16 日 12 时 38 分 (北京时间) EOS/MODIS 火灾卫星监测图

2 前期气候状况

2.1 气温

2003 年冬季 (2002 年 12 月~2003 年 2 月) 季平均气温河西西部正常, 河西中东部和河东偏高 $0.6\sim 2.0^{\circ}\text{C}$, 暖冬明显。迭部

季平均气温偏高 1.3°C , 其中后冬 (2 月) 气温偏高尤为明显, 达到 2.8°C 。暖冬加大了土壤水分蒸发, 造成土壤失墒增快。

春季各月气温分布依然不均, 甘南州 3 月平均气温比常年偏高 $0.5\sim 2.0^{\circ}\text{C}$, 4 月偏高 $1.0\sim 2.3^{\circ}\text{C}$ 。其中, 迭部 3 月气温偏高 0.6°C , 4 月偏高 1.9°C 。

2.2 降水

2003 年全省冬季平均降水量为正常略偏多年份, 但中部和甘南州偏少 $3\sim 9$ 成, 尤其在隆冬 (1 月) 和后冬 (2 月) 大部地区降雪量少于常年同期。

3 月全省降水量大部地区比常年同期偏少 $2\sim 7$ 成; 4 月河西、中部降水量比常年同期偏多, 但其余地区偏少 $2\sim 4$ 成。2003 年冬、春季气温、降水状况直接反映出火灾前期的干暖特征。

2.3 干旱特征

森林火灾高峰期往往出现在干旱季节或长期的持续干旱之后。因为这时空气干燥, 可燃物含水量低, 最易引燃。致旱最主要的原因是降水明显偏少。我们使用两种方法分析了迭部大火前期的干旱状况。

2.3.1 利用降水量确定干旱等级

依据降水量确定旱涝级别时, 一般采用站点 5~9 月降水量, 按以下标准评定:

1 级: $R_i > (R + 1.17\delta)$

2 级: $(R + 0.33\delta) < R_i \leq (R + 1.17\delta)$

3 级: $(R - 0.33\delta) < R_i \leq (R + 0.33\delta)$

4 级: $(R - 1.17\delta) < R_i \leq (R - 0.33\delta)$

5 级: $R_i \leq (R - 1.17\delta)$

式中 R 为 5~9 月多年平均降水量; R_i 为当年 5~9 月降水量; δ 为标准差。

我们利用迭部 2002 年 5~9 月降水量进行分析计算并划分旱涝等级, 结果表明, 2002 年 5~9 月降水量为 367mm , 远远小于

多年平均降水量 478mm, 旱涝等级为五级, 即持续数月干旱和跨季度干旱。

2.3.2 降水距平百分率

降水距平百分率反映了某时段降水量相对于同期平均状态的偏离程度, 公式如下:

$$M_i = \frac{R_i - \bar{R}}{\bar{R}} \times 100\% \quad (1)$$

式中 M_i 为降水距平百分率, R_i 为某时段的降水量, \bar{R} 为同期降水量多年平均值。这种方法在我国气象台站中经常使用, 它的等级划分标准参见文献 [7]。

通过计算 2003 年冬、春季降水距平百分率发现, 2002 年 12 月~2003 年 4 月迭部降水持续偏少, 5 个月总降水量的距平百分率为 -25.6%, 达到大旱标准 (-25%~-50%)。其中在 2003 年前冬 (2002 年 12 月), 降水量偏少尤为明显, 降水距平百分率达到 -73%。由此可见, 由于 2002 年伏、秋连旱和 2003 年冬春持续干旱, 大气长期处于干旱状态, 从而增大了迭部火灾发生和蔓延的可能性。

2.4 大气环流特征

选取 2003 年 3 月 500hPa 高度场 (图略) 和距平场 (图 2) 来反映火灾前期大气环流特征。

2003 年 3 月北半球中纬度为三波型。在新地岛附近的极涡中心明显加强, 对应在距平图上为强的负距平中心。新疆脊位于 80°E, 35~50°N 之间, 西北地区位于新疆脊前和东亚大槽后部的西北气流控制下。与多年平均相比, 东亚大槽偏深, 对应在日本海及其以西地区为宽广的负距平区, 而新疆为弱的正距平。欧亚中高纬西风急流位置偏北, 大概位于 60~70°N 之间, 表明冷空气主力偏北, 对西北区影响偏弱。上述形势均反映出西北区东部过渡季节干旱少雨的环流特征^[8], 有利于火灾的发生。

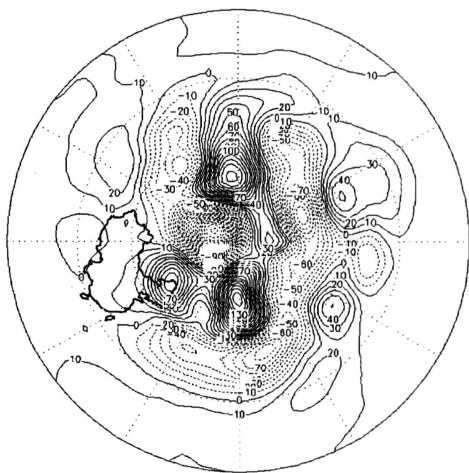


图 2 2003 年 3 月 500hPa 距平图

3 近期天气条件

3.1 高空环流演变

火灾出现前, 在 4 月 11 日 08 时 500hPa 高空上, 欧亚范围中高纬度维持两槽一脊的环流形势。欧洲大陆上空以及亚洲大陆东岸分别为两个低压槽, 在两槽之间, 乌拉山附近为高压脊。我国西北地区处于脊前西北气流控制之中。随着新地岛以东的极地冷空气不断南压, 乌拉尔山高压脊逐渐减弱变平。14 日 08 时, 冷空气已位于西西伯利亚上空, 从低压中心向西逐渐有横槽生成。高空锋区主要位于 45~50°N, 呈西北—东南走向, 我国西北区大部处于锋区南部强西北气流控制之中。15 日 08 时, 随着西西伯利亚冷空气的进一步南压, 冷空气底部的锋区明显加强。到 15 日 20 时, 锋区前缘已接近 40°N, 呈东—西走向。此时青藏高原上开始出现短波槽, 甘南自治州所在的高原东部地区逐渐转为西南气流, 而迭部火灾就是在这种天气形势下出现的。

3.2 温湿特征

由 4 月 1~15 日迭部 14 时温度-时间及

湿度-时间曲线图(图3)中可以清楚地看出,火灾前半个月到火灾发生,迭部站出现了明显的增暖现象。4月1日气温仅为8℃,而15日气温已上升至28℃。二阶主值函数曲线的走向更是清楚显示出这一点。

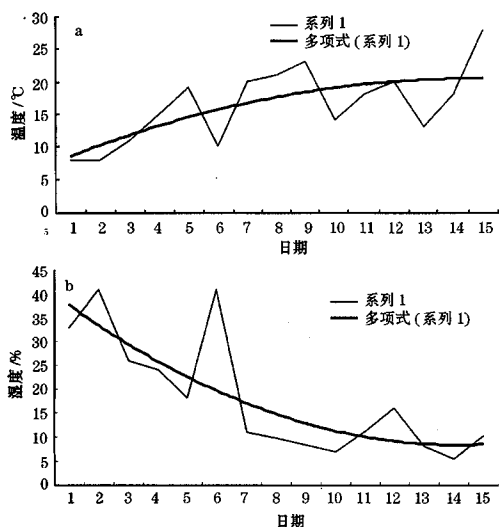


图3 2003年4月1~15日迭部14时温度-时间(a)及湿度-时间(b)曲线图

与此相反,4月1~15日,迭部相对湿度急剧下降,尤其在6~14日,相对湿度由40.9%迅速下降到5.4%,充分反映出火灾前干热的大气状态。这是造成火灾的重要气象条件。

4 EOS 遥感监测分析

4.1 土壤水分监测

干旱遥感监测的本质是监测土壤含水量,为简化起见,本文利用MODIS资料31通道获得的昼夜亮温来反映土壤湿度状况。基本原理是:当土壤干燥时,昼夜温差大;而土壤含水量高时,昼夜温差小^[9]。选达拉林场及其周边地区为研究区域,对区域内200多个像素点的31通道的昼夜亮温做定

量分析,分别计算了2002年4月上、中旬及2003年4月上、中旬的平均昼夜亮温差。计算表明,研究区域内2003年的平均昼夜温差为26K,而2002年的为17K。表明2003年4月土壤湿度较2002年偏小,土壤干燥。土壤水分的监测结果直接反映出火灾前后的干旱特征,有利于迭部火灾发生和蔓延,这与前面对气象条件的相关分析结论是一致的。

4.2 着火点判别及面积估算

森林、草原一般分布在高山或高原地区,人烟稀少、交通不便,常规方法对火灾的监测有很大的缺陷,经常出现漏测现象,而且起火后扑火人员很难了解火情发展动态。卫星遥感有较高的空间、时间分辨率及较大监测范围,利用其可以连续地跟踪监测火灾发展的动态过程,提供详细的火区位置、面积、温度变化和过火面积等^[10]。

设一指数 $K = (T_{20} - T_{31}) / T_{20}$ (2)

式中 T_{20} 为20通道(3.66~3.84μm)亮温, T_{31} 为31通道(10.70~11.20μm)亮温。

利用 K 值来描述火点及周边地区在20与31通道的亮温关系。在正常环境 K 值是一个相对固定的值,当接近火区时 K 值会发生跳跃,而达到火区时 K 值再次发生变化。

图4是根据 K 值划分的4月15日23时火区分布图。从图中可以看出火区的中心位置大约在33.84~33.90°N、103.23~103.32°E的范围内($K > 0.093$)呈空心的矩形分布,火区内部为火灾的影响区($0.08 < K < 0.083$)。产生这种分布的原因是,起火后,火都是从中心向四周蔓延,中心地带由于草木资源的耗尽火势逐渐减弱直至熄灭,这就使得中心地段的亮温低于四周的。从中心低温区的面积大小也可以粗略地估计

火灾发展的时间长短。 K 值越大, 表明火势越强, 根据 $K > 0.093$ 的像素点的个数就

可以估算出着火区的面积。利用此方法估算的 15 日 23 时火区面积约 20km^2 。

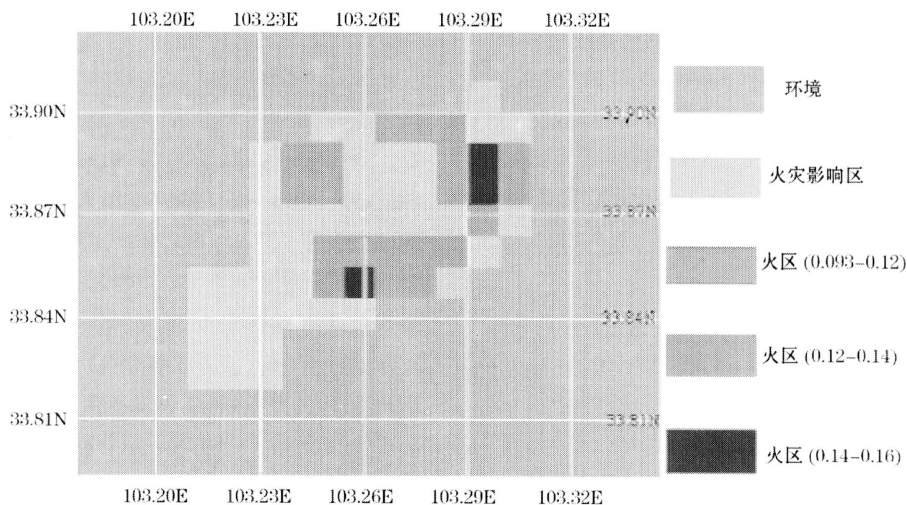


图 4 2003 年 4 月 15 日 23 时火区分布图

5 结 语

(1) 冬、春季气温偏高, 降水偏少, 持续数月干旱或跨季度干旱是甘肃南部重大火灾前期主要气候特征。

(2) 欧亚大陆东岸大槽偏深, 新疆脊偏强是西北区东部过渡季节干旱少雨的 500hPa 平均环流特征。

(3) 北方冷空气底部锋区南压, 青藏高原上偏南气流发展是甘肃南部火灾环流形势之一。

(4) 火灾前气温持续上升, 湿度持续下降的天气状况可增大火灾发生和蔓延的可能。

(5) EOS/MODIS 资料能够较好地反映火灾前期的土壤湿度状况, 是准确监测火灾发生、估算火区面积、强度和蔓延趋势最有效途径。

参考文献

- 1 关百钧, 魏宝麟. 世界林业发展概论. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- 2 舒立福, 田晓瑞. 国外森林防火工作现状及展望. 世界林业研究, 1997, 10 (2): 28~35.
- 3 施望芝. 林火多因子综合分析及预报方法. 气象, 1997, 23 (7): 55~57.
- 4 郑海青. 福建省森林火险中期预报方法. 气象, 2002, 29 (7): 56~57.
- 5 张洪涛, 祝昌汉, 张尚印等. 森林火险等级分布模拟—中小尺度动力学模式. 自然灾害学报, 2003, 12 (1): 57~62.
- 6 张映堂, 霍义强. 滇中地区森林火险等级预报方法的研究. 林业科学, 1995, 31 (3): 239~246.
- 7 宋连春, 邓振镛, 董安祥. 干旱. 北京: 气象出版社, 2003.
- 8 白肇烨, 徐国昌等. 中国西北天气. 北京: 气象出版社, 1988.
- 9 余涛, 田国良. 热惯量法在监测土壤表层水分变化中的研究. 遥感学报, 1997, 1 (1): 24~31.
- 10 易浩若, 纪平. 森林过火面积的遥感测算方法. 遥感技术与应用, 1998, 13 (3): 10~13.