

上海世博会秸秆焚烧预警系统的构建与应用

陆涛

(上海市环境监测中心, 上海 200030)

摘要: 在上海世博会空气质量保障总体框架下, 利用卫星遥感(RS)和地理信息系统(GIS)等技术手段构建了上海世博会秸秆焚烧预警系统。系统由火点判读、信息管理、火点报警、专题地图和查询统计、信息发布等功能组成。系统为世博会期间秸秆禁烧预警、监控提供有力工具, 在开展秸秆禁烧、焚烧灭火、污染预警等工作中起到积极作用。

关键词: 秸秆焚烧; 预警系统; 空气质量; 上海世博会; 中分辨率成像光谱仪卫星

中图分类号: X84 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2011)S₀-0091-05

The Construction and Application on Straw Burning Warning System Shanghai Expo

LU Tao

(Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Under the framework of air quality protection for Shanghai Expo, We, using RS, GIS and other technical means, developed the Shanghai Expo Straw Burning Warning System (SESBWS). This system consists of straw burning interpretation, information management, straw burning alarm, thematic maps and query statistics, information public etc. During Shanghai Expo, SESBWS provides a powerful tool for straw burning warning and monitoring, and plays a positive role in the straw burning, fire extinguishing and pollution warning.

Key words: Straw burning; Warning system; Air quality; Shanghai Expo; MODIS satellite

长三角地区是国内近年来灰霾污染多发区^[1], 其中由于秸秆焚烧引起的区域性灰霾和细颗粒空气污染事件占较大比例, 一般在 5 月至 6 月的夏收季节, 具有季节高发性。上海世博会召开时期正值灰霾污染高发季节, 秸秆焚烧成为威胁世博会空气质量的重要因素之一。

近年来国内外针对秸秆焚烧的卫星遥感监测展开了较多研究, 提供了有价值的秸秆焚烧判读方法。基于以上理论, 在上海世博会空气质量保障总体框架下, 构建了上海世博会秸秆焚烧预警系统, 监控上海及其周边地区秸秆焚烧情况, 及时发布预警信息, 并在世博会空气质量保障工作中取得良好效果。

1 世博会同期秸秆焚烧对空气质量的影响

秸秆焚烧造成的灰霾污染是上海地区 5—6 月份常见的季节性污染, 污染时间一般持续 3~5 d,

对能见度和空气质量的影响十分显著。2009 年 5 月 29 日—6 月 3 日是一次典型秸秆焚烧带来的长三角区域性污染, 在这次秸秆焚烧过程中, 长三角各城市先后出现超标现象: 上海 API 指数最高达 150, 苏州、南通、绍兴和杭州分别为 166、148、148, 和 140。此次污染过程首先于 5 月 29 日至 30 日在杭州、绍兴等浙江北部形成, 30 日至 31 日苏州、南通、镇江、南京、扬州先后出现了以颗粒物为主的大气污染; 之后, 江苏南部出现的污染在风的作用下, 向东传输至上海, 5 月 31 日至 6 月 1 日上海市笼罩在高浓度的大气污染之中, 6 月 1 日上海市大气能见度不足 2 km, 出现了严重的灰霾天气。从颗

收稿日期: 2011-11-09

项目资助: 上海市科委项目—2010 年上海世博会环境质量监测及空气污染预警系统建设基金资助项目(08 dz 0581200)

作者简介: 陆涛(1974—), 男, 河南永城人, 工程师, 硕士, 主要从事环境监测信息化、GIS 开发和大气污染研究等工作。

颗粒物化学的组成看,5月31日上海市大气污染开始累积,颗粒物浓度逐步升高,颗粒物组分中钾离子的含量较高。水溶性钾是生物质燃烧的示踪元素^[2],据此可以判断该污染是由秸秆燃烧所造成。此外,颗粒物中的硫酸盐、硝酸盐及铵根离子等二次组分的相对含量显著上升,三者含量达到甚至超过颗粒物的90%,说明秸秆焚烧造成的二次污染现象也十分明显。

2 系统构建

2.1 建设思路

通过 MODIS 卫星资料接收处理软件自动接收到 EOS 上午星 Terra 和下午星 Aqua 的 MODIS 资料^[3],处理成 MODIS L1B(Level 1B) 产品。利用 IDL(Interactive Data Language) 交互式数据语言,开发数据预处理和热异常点判读功能模块,实现对 MODIS 卫星资料的热异常点判读,生成热异常点的经纬度坐标并保存成文本文件供后续功能模块使用。使用 GIS 技术将判读得到的热异常点经纬度坐标生成 GIS 图层,并使用土地利用图层通过 GIS 空间查询技术查询到落在农田内的热异常点作为秸秆燃烧火点,生成火点图层保存于空间数据库。系统使用 ESRI 公司的 ArcGIS 9.3 作为 GIS 平台进行开发,在 GIS 的框架下实现了火点报警、查询统计、火点专题地图、信息发布等功能,详见图 1。

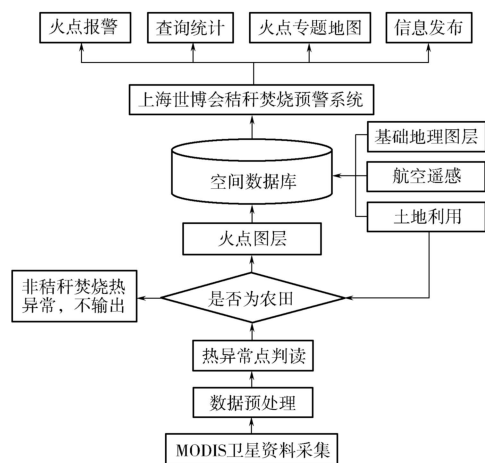


图 1 上海世博会秸秆焚烧预警系统技术路线

Fig. 1 Technology roadmap of Shanghai Expo straw burning warning system

2.2 基于 MODIS 卫星遥感的火点判识

美国地球观测系统 EOS 上的 MODIS 载荷具

有多光谱通道、灵敏度高,可以一天 4 次获得地球上同一地区对地观测数据,能够满足秸秆焚烧实时监测需求。根据斯蒂芬-波尔兹曼定律,黑体的全波长辐射能力与温度的 4 次方成正比,即黑体温度只要有很小的变化,就会引起辐射的强烈变化。而高温热源的温度更会引起辐射的急剧增加,这种变化十分有利于判识高温热源。MODIS 卫星数据经去云、去斑、大气校正等预处理后进入热异常点提取阶段,系统采用的算法主要是利用 $4\ \mu\text{m}$ 和 $11\ \mu\text{m}$ 通道的亮温来进行识别。

2.2.1 数据预处理

数据预处理主要包括几何校正、大气校正、云检测、去斑等操作。

(1) 几何校正。几何校正使用 IDL 调用 ENVI 软件提供的 Map/Georeference MODIS 1B 校正方法进行校正,根据 MODIS 数据的 HDF 文件包含的经纬度信息,转化输出为地面控制点文件,将图像中的每一个像元对应的坐标放在相应的位置,达到自动化几何校正的目的。

(2) 大气校正。在太阳辐射与地球大气的相互作用中,会产生吸收、反射、散射与发射等效应,会引起传感器接收的信号失真,使遥感图像质量下降^[4]。大气校正的目的是消除大气和光照等因素对地物反射的影响。国内外学者提出了很多大气校正模型^[4-6],如:直方图均衡化法、经验线性法、暗目标法、6S、MODTRAN 大气校正模式等。系统采用适用于可见光和红外波段的大气校正模型 6S 辐射传输模型对 $4\ \mu\text{m}$ 和 $11\ \mu\text{m}$ 通道数据进行大气校正。

(3) 云检测。云和晴空的判别是反演大气及地表各种参数的预处理工作。在进行火点判识前需要进行云检测,判定一个像元是否被云或厚气溶胶所覆盖。众多研究者提出了云检测算法^[7-9]。该系统在开发过程中使用了目前国际上比较流行的 MODIS Cloud Mask 云检测算法。此算法使用了 MODIS 的 19 个波段数据,设定多个特征进行阈值判定,生成分辨率为 $1\ \text{km}$ 和 $250\ \text{m}$ 的云掩膜产品^[9]。根据云掩膜产品通过 IDL 编程,生成 0、1 云掩膜产品。即如果某像元有云遮蔽,则将该像元值设置为 1,无云像元值设置为 0。

(4) 耀斑去除。太阳耀斑是指在适合的观测条件下,太阳光在水体面的准镜面反射信息。太阳耀斑在图像上表现为非常亮的光斑区,在火点判读

中属于一种噪声,需要有效去除。在系统开发中耀斑的判定条件为白天如果 $0.64 \mu\text{m}$ 和 $0.86 \mu\text{m}$ 两个通道的反射率都 >0.3 (相当 $4 \mu\text{m}$ 通道的亮温达 312 K) ,且耀斑角 <40 度,可以作为耀斑去除,排除这点是火点的可能性。

2.2.2 热异常点判识

“背景对比火点探测算法”(A Contextual Fire Detection Algorithm) 在基于 MODIS 卫星资料火点监测中得到广泛应用^[10]。算法基本原理是将目标像元的温度特性与周围背景像元的平均温度特性准确地统计出来,并进行多阈值判别,根据判别结果提取火点像元。

(1) 背景信息。确定背景温度时,要求所有分析点中要有不低于 25% 的点为非火像元,分析区的大小可调,直到 25% 的要求达到满足。提取背景信息时滤除火点的条件为: $\Delta T41 = T4 - T11 > 20\text{K}$ (夜间为 10K); $T4 > 320\text{K}$ (315K)。排除这些火点后就可以得到 $11 \mu\text{m}$ 通道的背景温度和它的标准偏差。用同样的方式,可以计算得到 $4 \mu\text{m}$ 通道的背景温度和它的标准偏差。进一步,可以计算 $4 \mu\text{m}$ 和 $11 \mu\text{m}$ 两个通道背景温度差的中值 ($\Delta T41b$) 和标准偏差 ($\delta\Delta T41b$)。

(2) 热异常点判识条件。如果一个像素点同时满足如下的 5 项条件 { (A or B) and (a or b) or (X) } ,就可以将该点确认为火点。{ 如果标准差 ($\delta T4b$ 和 $\delta\Delta T41b$) $< 2\text{K}$,那么就 用 2K 来代替}:

A: $T4 > T4b + 4\delta T4b$; 式中: 如果 $T4b < 2\text{K}$,则设定 $T4b = 2\text{K}$

a: $\Delta T41 > \Delta T41b + 4\delta\Delta T41b$;

B: $T4 > 320\text{K}$ (夜间 $T4 > 315\text{K}$);

b: $T41 > 20\text{K}$ (夜间 $T41 > 10\text{K}$);

X: $T4 > 360\text{K}$ (夜间 $T4 > 330\text{K}$)。

2.2.3 秸秆焚烧点提取

MODIS 火点监测的算法提出的是热异常点的信息,这些热异常点除秸秆焚烧点外,还包括森林火点,电厂、钢铁厂等各种自然或者人为因素引起的火点,直接将 这些火点作为秸秆焚烧进行统计分析显然不够合理。在热异常点提取完成的基础上,利用区域土地分类图与热异常点产品进一步进行地理匹配,方可提取秸秆焚烧点。

2.3 GIS 技术的应用

地理信息系统(GIS)技术是近些年迅速发展起来的一门空间信息分析技术,在资源与环境应用

领域中发挥着技术先导的作用。秸秆焚烧预警系统采用 ARCGIS Server 9.3 作为 GIS 开发平台,利用 GIS 中空间查询、空间分析等技术实现了地图制图、空间查询和空间统计等功能。

(1) 空间查询与统计。在秸秆焚烧点提取环节,使用 GIS 空间查询技术可直接使用土地利用图层查询热异常点图层中落在农田里的热异常点,将这些经过过滤的热异常点作为秸秆焚烧火点大大削减了 MODIS 卫星资料提取火点的不确定因素,提高了准确性;运用 GIS 空间统计功能可以查询各行政区、功能区、重点区域在任意时间段内的秸秆燃烧火点个数,为数据分析提供有力的空间统计工具。

(2) 自动化地图制图 Arc GIS 9.3 系列产品中的 Arc Engine 是独立的嵌入式组件,包括核心 Arc Objects 的功能,是对 AO 中的大部分接口、类等 进行封装所构成的嵌入式组件。使用 C#语言 Arc Engine 提供的组件进行二次开发,将 MODIS 资料提取的秸秆焚烧点位生成 GIS 图层,在秸秆焚烧点图层的基础上叠加主要道路、水系、乡镇、村庄和行政边界等矢量层,设置各对象要素的样式、比例尺、地图投影等,生成遥感秸秆焚烧监测精细化专题地图。

2.4 功能设计

2.4.1 火点判读和信息管理

秸秆焚烧火点判读是秸秆焚烧预警系统的基础。接收到 MODIS 卫星遥感资料后,该子系统自动启动,根据步骤解译出秸秆焚烧火点经纬度,利用 GIS 技术将火点经纬度生成 GIS 图层,并保存到空间数据库中进行管理。每个火点还保存了判读时间、火点类型等属性信息。研究表明,长三角其他地区的秸秆焚烧也可能影响到上海 的空气质 量^[11],因此,系统在火点判读时将研究范围扩大至长三角地区。

2.4.2 火点报警

根据秸秆焚烧火点判读结果,确定每个火点对世博会空气质量的影响权重。影响权重与火点距世博会的距离有关,在上海行政区域范围内的影响权重最大,距离世博会 300 km 以内的次之, 300 km 以外的影响权重最小。当每一个火点影响权重之和大于某一阈值,或者上海行政区域内发现火点时,系统自动报警,并形成报警报告,将所有火点在报告中列出,供世博会空气质量保障值班人员参考。

2.4.3 专题地图和查询统计

系统每天将火点判读结果自动生成长三角范围内的秸秆焚烧火点专题地图,用户可以通过专题地图实时掌握当天秸秆焚烧火点情况,并通过 GIS 系统的空间操作查看每个火点的位置、周边情况等。在上海区域范围内还可以叠加高清晰航空遥感资料,通过每一个火点的背景资料进行进一步甄别和判断。查询统计功能能够查询任意时段和区域的火点分布情况及数量,并可生成统计报告和秸秆焚烧火点分布专题地图。

2.4.4 信息发布

信息发布途径主要有两种,一种是网站信息发布,一种是短信信息发布。当在上海范围内发现确定的秸秆焚烧火点时,用户可通过网站将火点具体位置、所在行政区域、监测时间等信息以表格形式公布,并辅以火点分布专题地图,同时通过短信告知相关管理人员。

3 系统应用

3.1 日常业务应用

秸秆焚烧预警系统每天通过 MOIDS 卫星资料自动判识出上海以及长三角地区的秸秆焚烧火点,生成火点报告和火点分布专题地图。如果在上海行政区域范围内发现秸秆焚烧火点,用户使用系统的火点定位和周边查询功能确定火点的具体位置和所属乡镇以及村委会名称,详细了解火点周边情况,通过短信将火点信息发送到火点所在乡镇和村

委会,由乡镇政府和村委会组织力量到现场巡查,确认火点后进行秸秆禁烧灭火,并给予当事人和责任人相应的经济处罚。

3.2 污染预警应用

当出现均压场、静风等不利气象条件时,长三角其他地区的秸秆焚烧同样可以造成上海地区的空气质量污染。通过空气质量数值预报系统能够模拟出这种不利污染物扩散的气象条件。当预报未来一段时间内可能出现污染时,如果秸秆焚烧预警系统监测到上海之外的长三角地区秸秆焚烧火点,用户将使用该系统发布污染预警信息,短信告知上海以及江苏省、浙江省相关人员加强秸秆焚烧的巡查和管理。

3.3 应用效果

世博会之前,上海市制定相关经济鼓励政策,加快推进秸秆机械化还田,推广对秸秆的综合利用。世博会期间,应用秸秆焚烧预警系统对上海以及周边地区进行实时秸秆焚烧监测预警。上海地区采取了秸秆禁烧政策,并通过秸秆焚烧预警系统作为辅助手段进行秸秆焚烧监控,充分发挥乡镇政府、村委会的力量,细化任务、落实责任,建立起日常巡查、禁烧灭火制度。

长三角地区秸秆焚烧最为集中的时间段为 5 月下旬到 6 月上旬,对比 2009 年和 2010 年两年的 5 月 11 日至 6 月 10 日秸秆焚烧火点数量和空间分布图,上海和长三角地区均有明显减少,见图 2 (a) (b)。

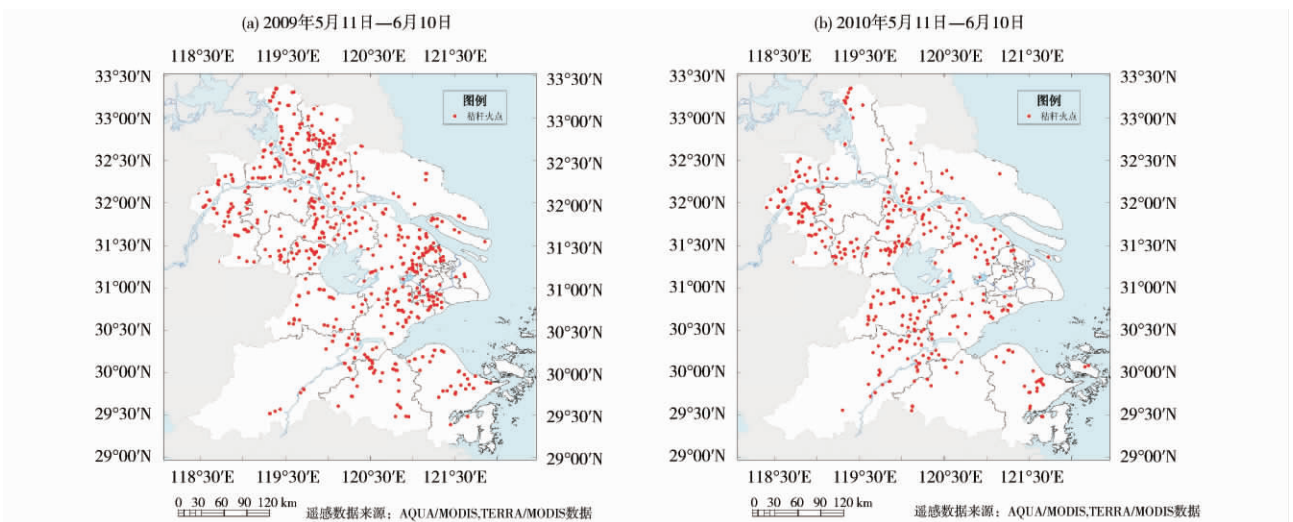


图 2 上海及长三角地区 2010 年和 2009 年夏季秸秆焚烧对比

Fig. 2 Comparison of straw burning point during summer between 2009 and 2010 in Yangtze River Delta

上海市秸秆焚烧火点数量从 2009 年的 61 个减少到 2010 年的 12 个,减少了 80.3%;长三角地区从 2009 年的 639 个减少到 410,减少了 35.8%。相同期间 2008 年、2009 年上海市因秸秆焚烧造成的污染分别为 1 d 和 2 d,而 2010 年为 0 d。相应地,该时间段上海市 2010 年空气质量为优的天数达到了 16 d,超过 2008 年的 2d 和 2009 年的 4 d,见表 1。秸秆焚烧预警系统为世博会期间上海市秸秆禁烧预警、监控提供了有力工具,在开展秸秆禁烧、焚烧灭火、污染预警等工作中发挥了积极作用。

表 1 2008 年—2010 年 5 月 11 日至 6 月 10 日空气质量
Table 1 Air quality of May 11—Jue 10 in the recent years

序号	年份	污染天数(秸秆焚烧造成)/d	优级天数/d
1	2010	0	16
2	2009	1	4
3	2008	2	2

4 结论

(1) 秸秆焚烧造成的灰霾污染是上海地区 5—6 月份常见的季节性污染,污染时间一般持续 3~5 d,对能见度和空气质量的影响十分显著。秸秆焚烧是威胁世博会空气质量的重要因素之一。

(2) 利用卫星遥感和 GIS 技术对秸秆焚烧进行动态监控和预警,可以科学、准确、迅速地了解上海及其周边地区秸秆焚烧情况,提高预警能力和监督监控的效率。

(3) 秸秆焚烧预警系统为世博会期间上海市秸秆禁烧预警、监控提供有力工具,在开展秸秆禁

烧、焚烧灭火、污染预警等工作中发挥积极作用。

[参考文献]

- [1] FU Q Y, ZHUANG G, WANG J, et al. Mechanism of formation of the heaviest pollution episode ever recorded in the Yangtze River Delta, China[J]. Atmospheric Environment, 2008, 42(9): 2023-2036.
- [2] 段凤魁,鲁毅强,狄一安,等. 秸秆焚烧对北京市空气质量的影响[J]. 中国环境监测, 2001, 17(3): 8-11.
- [3] 吴建兰,王悦,姚颖,等. 秸秆焚烧对南通市空气质量的影响分析[J]. 环境监测管理与技术, 2011, 23(2): 61-63.
- [4] 徐萌,郁凡,李亚春,等. 6S 模式对 EOS/MODIS 数据进行大气校正的方法[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2006, 42(6): 582-589.
- [5] 尹球,巩彩兰,匡定波,等. 湖泊水质卫星遥感方法及其应用[J]. 红外与毫米波学报, 2005, 24(3): 198-202.
- [6] 宋晓宇,王纪华,刘良云,等. 基于高光谱遥感影像的大气校正: 用 AVIRIS 数据评价大气校正模块 FLAASH. 遥感技术与应用, 2005, 20(4): 393-398.
- [7] KRIEBEL K T, GESELL G, KASTNER M. The cloud analysis tool APOLLO: improvements and validations[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(12): 2389-2408.
- [8] 陈伟,周红妹,袁志康,等. 基于气象卫星分形纹理的云雾分离研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(2): 133-139.
- [9] 盛夏,孙龙祥,郑庆梅. 利用 MODIS 数据进行云检测[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2004, 5(4): 99-102.
- [10] 张树誉,李登科,景毅刚. “3S”技术在关中地区秸秆焚烧遥感监测中的应用[J]. 环境监测管理与技术, 2005, 15(2): 17-20.
- [11] 朱彬,苏继锋,韩志伟,等. 秸秆焚烧导致南京及周边地区一次严重空气污染过程的分析[J]. 中国环境科学, 2010, 30(5): 585-592.

· 简讯 ·

放任温室气体排放全球变暖还将提速

英国研究人员新近撰写的一份论文显示,如果放任温室气体排放,本世纪 40 年代全球平均气温或将较 19 世纪中叶工业革命前上升超过 2℃。

日本共同社 4 日援引《自然-气候变化》月刊网络版 10 月底刊载的一份论文内容报道,英国雷丁大学研究员马诺杰·乔希带领团队,以科学预测模型为推算工具展开研究。

他们设定一种情形,即假使全球各国一味追求经济发展,导致本世纪末地球大气中 CO₂ 浓度增加至当前的 2 倍,那么本世纪 40 年代全球平均气温升幅将与工业革命前相比超过 2℃。

先前几次联合国气候变化大会确认,全球目标是在本世纪内将气温升幅控制在与工业革命前相比不超过 2℃。

论文写道,亚欧大陆北部地区气温升幅可能最早于本世纪 20 年代跨过 2℃的“门槛”,亚洲和欧洲一些国家可能于本世纪 30 年代迎来相同情形。到本世纪 80 年代,全球平均气温或较工业革命前上升超过 3℃。

研究人员同时设定另一种情形,即假使全球各国经济发展和环境保护并重,使得本世纪末大气中 CO₂ 浓度控制在当前水平的 1.5 倍以下,那么全球平均气温升幅越过 2℃“红线”的时间将拖后至 2080 年左右。

论文认为,就达成全球性减排目标的任何拖延将为地球带来严重伤害。

摘自 www.jshb.gov.cn 2011-12-07