

2014-2015年夏秋收期间全国秸秆焚烧 遥感监测结果对比分析

张丽娟 厉青 陈辉 毛慧琴 周春艳 王中挺 张玉环 马鹏飞 陈翠红

(环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100094)

【摘要】本文基于EOS的Terra/Aqua卫星MODIS传感器数据监测的2014-2015年夏秋收季秸秆焚烧结果,对比分析了我国近两年夏秋收季节的秸秆焚烧分布情况以及发展趋势。结果表明:①2015年夏秋收季全国监测到秸秆焚烧火点共计4454个,主要分布在黑龙江、河南、吉林、辽宁、山东、河北、内蒙古、湖北、山西9省,且每个省份火点数均超过100个,共计4174个,占火点总数的94%;其中,黑龙江省火点数最多,达到1824个,远高于其它省份,占火点总数的41%。②与2014年同期(4197个)相比,2015年夏秋收季秸秆焚烧火点数增加了257个,同比增加6%。秸秆焚烧主要省份(火点数大于100个)中,黑龙江增加最多,同比增加132%,火点数增加1037个;河北增幅次之,同比增加91%;山东、湖北、山西等省也略有增加;安徽、河南、吉林、辽宁、内蒙古等省火点数有明显减少。③2015年夏秋季秸秆焚烧高峰期主要集中在6月中旬、10月下旬及11月上旬,呈现双峰分布,高值出现在6月11日、10月23日以及11月1日、4日、6日,火点数均超过200个,其中最高值出现在11月1日,火点数高达473个。④与2014年同期相比,2015年夏季高峰期出现时间段保持不变,仍集中在6月中旬,但火点总数有所减少;与2014年同期相比,2015年秋季高峰期出现时间段相对较晚,10月中旬火点略有减少,11月上旬火点有明显增加。

【关键词】秸秆焚烧; MODIS; 夏秋收季

中图分类号: X87 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2016)06-0061-05

1 引言

由于观念、技术和体制等方面的综合原因,我国每年有大量秸秆被当作废弃物焚烧。秸秆燃烧时,会产生大量的CO₂、CO、氮氧化物、苯以及环芳烃等有害气体^[1],不仅危害人体健康,而且给大气环境、生态环境、交通安全和火灾防护造成了极大的影响^[2]。早在1999年原国家环境保护总局就发布了《秸秆焚烧和综合利用管理办法》,一些省市的环保局也出台了相应的焚烧管理办法。但由于秸秆焚烧火点分布在县、乡,不易查证,难以统计,再加上人力、物力的限制,禁烧的管理、监测难度增大,因此对秸秆焚烧的治理往往无的放矢,难以奏效。

《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》明确要求创新环境治理理念和方式,实行最严格的环境保护制度,强化排污者主体责任,形成政府、企业、公众共治的环境治理体系,实现环境质量总体改善。要继续深入实施污染防治行动计划,计划强调:要强化污染物减排治理,提高环境监管能力;加大环境监测、信息、

应急、监察等能力建设力度,其中还明确提到要推进卫星遥感技术在环境监管中的应用。新的环境形势要求环境监管要更加科学化、高效化。当前,开展秸秆禁烧工作已经成为环境监管的重要内容之一,它要求秸秆焚烧监管要利用新的技术手段,增加执法的准确性和效率。卫星遥感技术恰恰能很好的解决这一问题。卫星遥感技术具有时效性强、分辨率高、资料获取快捷的特点,利用卫星遥感技术一方面可以动态、大范围地监测秸秆焚烧状况,获取秸秆焚烧火点位置、数目等信息,大大提高秸秆焚烧监管的工作效率并确保监测结果的客观性和准确性,另一方面还可为国家掌握秸秆焚烧信息,制定大气污染防治措施提供有力的技术支持。本文采用基于EOS的Terra/Aqua卫星MODIS传感器数据监测的2014-2015年夏秋季秸秆焚烧结果,对比分析了我国近两年夏秋收季节的秸秆焚烧分布情况以及发展趋势。

2 监测数据与原理方法

2.1 监测数据

本文进行秸秆焚烧监测的卫星数据来自美国地球观

项目资助: 国家自然科学基金(41501407)

作者简介: 张丽娟, 硕士, 工程师, 主要从事大气环境遥感研究

通讯作者: 周春艳, 博士, 高级工程师, 主要从事大气环境遥感研究

引用文献格式: 张丽娟 等. 2014-2015年夏秋收期间全国秸秆焚烧遥感监测结果对比分析 [J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(6): 61-65.

测系统计划(EOS Terra和Aqua携带的中分辨率成像光谱仪(MODIS)。MODIS探测器扫描宽度2330km,仪器视场±55°,具有36个光谱通道,分布在0.4~14μm的电磁波谱范围内,覆盖了紫外、可见、近红外、红外等通道,为反演气溶胶和地表特征提供了丰富的信息。可见光通道1(660nm)和通道2(860nm)具有250m星下点的分辨率,可见和近红外的通道3~7具有500m的分辨率,另外8~36通道分辨率为1000m。作为“图谱合一”的中分辨率成像光谱仪,MODIS设置专门用于火点探测和描述火点热辐射特征的两个中红外通道(波段范围相同,饱和亮度温度分别为331K和近500K),不仅保证了观测数据的辐射精度,也避免了高温火点导致通道饱和的问题。同时,MODIS还使用一个2.1μm的短波红外通道加强对太阳耀斑和水体边缘虚假火点的去除。目前,用于MODIS的火点监测算法主要是背景对比算法^[3],所需通道数据及主要用途如表1所示。

表1 MODIS火点监测算法所需通道的波段范围及主要用途

通道序号	光谱范围/μm	主要用途
1	0.62~0.67	太阳耀斑、水体边缘影响去除,云检测
2	0.84~0.88	高反射地表、太阳耀斑、水体边缘影响去除,云检测
7	2.10~2.16	太阳耀斑、水体边缘影响去除
21	3.93~3.99	(高响应范围)火点探测与火点特性反演
22	3.93~3.99	(低响应范围)火点探测与火点特性反演
31	10.75~11.25	火点探测,云检测
32	11.75~12.25	云检测

2.2 监测原理与方法

秸秆热异常火点遥感监测的基本原理源于维恩位移定律[4]。维恩位移定律是描述黑体电磁辐射能流密度的峰值波长与自身温度之间反比关系的定律,其可以表示为:

$$\lambda_{max} = b/T$$

式中:λ_{max}为辐射的峰值波长,m;T为黑体的绝对温度,K;b=2.8977685×10⁻³m·K,称为维恩位移常数。维恩位移定律说明了一个物体温度越高,其辐射谱的波长越短。根据维恩位移定律,物体辐射峰值波长随温度升高向短波方向移动。

常温地物热辐射能量的峰值位于长波红外波段,随着温度升高,热辐射的峰值向波长较短的波段移动。因此,热异常火点的一个显著特征就是中红外波段的辐射能量高于常温地物。通过遥感观测的辐射能量可以计算

物体的亮度温度,基于上述特征可设置适当的亮度温度阈值实现火点判别。一般秸秆燃烧温度为500~1000K,按照维恩位移定律,其辐射能量应主要集中在2.8~5.7μm,实际观测的燃烧火焰辐射峰值约分布在4μm附近的中红外区域,远远高于常温物体(300K)在这一光谱区域的辐射,但二者在11~12μm的热红外区域相差不大^[5]。秸秆火点遥感探测正是利用内部含有火焰的高温像元与背景常温像元在中红外和热红外波段辐射能量的差异来识别地面火点。算法的核心内容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。

秸秆焚烧卫星遥感监测处理的流程:①根据上述原理获取热异常火点像元;②获取秸秆焚烧火点:结合土地分类数据,利用GIS技术,将农田范围内的火点提取出来作为秸秆焚烧火点;③监测结果验证:利用野外实地调查及其他卫星监测比较的方式进行验证分析;④专题图制作及数据统计:加入行政边界,利用ARCGIS等软件制作专题图;以行政区为单位进行秸秆焚烧火点的统计分析。

3 结果与分析

3.1 全国秸秆焚烧遥感监测火点分布情况

监测显示,2015年5月20日-11月20日,我国夏秋季秸秆焚烧火点主要分布在华北及东北地区,在华中、西北及西南地区也有局部分布(见图1),其中夏季秸秆焚烧火点主要集中在华北的河南、山东等地区,而秋季秸秆焚烧火点主要集中在东北地区。从整个夏秋季来看,全国共计监测到秸秆焚烧火点4454个,主要分布在黑龙江、河南、吉林、辽宁、山东、河北、内蒙古、湖北、山西等9个省份,火点个数均超过100,共计4174个,占火点总个数点94%,其中,黑龙江火点个数最多,达到1824个,远高于其它省,占总火点个数的41%;河南次之,达到570个;吉林较前两省火点个数稍少,为472个;其它火点个数超过100的省份依次为:辽宁378个、山东321个、河北208个、内蒙古165个、湖北116个、山西111个。其余省份火点个数均少于100个,其中海南、重庆、广东、云南、湖南、江苏、北京、青海、上海等12省均不足10个。天津、福建、西藏三省未出现火点。

与2014年(见图2)同期(4197个)相比,2015年夏秋季秸秆焚烧火点数增加了257个,同比增加6%。秸秆焚烧主要省份(火点数大于100个)中,黑龙江增加最多,同比增加132%,火点数增加1037个;河北增幅次之,同比增加91%;山东、湖北、山西等省也略有增加;安徽、河南、吉林、辽宁、内蒙古等省火点数有明显减少。

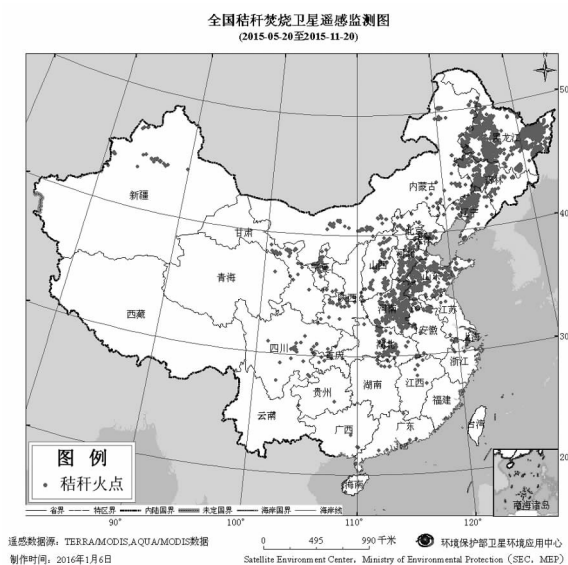


图1 2015年5月20日-11月20日
全国秸秆焚烧卫星遥感监测分布图

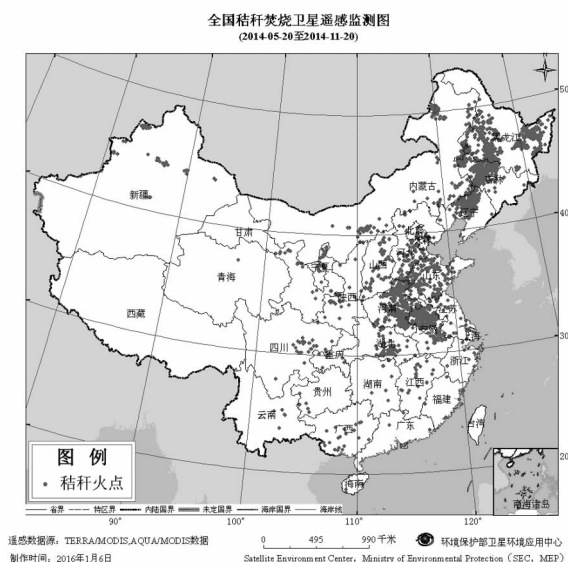


图2 2014年5月20日-11月20日
全国秸秆焚烧卫星遥感监测分布

3.2 全国秸秆焚烧遥感监测火点统计结果

3.2.1 2015年5月20日-11月20日全国各省火点统计结果

表2给出了2015、2014年5月20日-11月20日的火点个数、火点数差异及增减比率,从表2中可以看出:2015年5月20日-11月20日,全国秸秆焚烧火点个数共计4454个,较2014年同期增加了257个,同比增加了6%;黑龙江、河北、山东、山西、甘肃火点个数增加明显(超过30个),其中黑龙江增加最多,由2014年的787个,增加到1824个,增加了1037个;河

北由2014年同期的109个,增加到208个,增加了99个;山东由2014年同期的268个,增加到321个,增加了53个,另外山西增加了33个,甘肃增加了30个。与2014年同期相比,安徽省由2014年的428个,减少到25个,减幅明显。另外减少明显的省份还有:河南减少了251个,辽宁减少了91个,内蒙古也减少了91个,吉林减少了75个。

3.2.2 2015年5月20日-11月20日全国火点日统计结果

图3、图4分别给出了2015、2014年5月20日-11月20日全国秸秆焚烧火点每日的统计情况。从图中可以看出,2015年夏秋季秸秆焚烧高峰期主要集中在6月中旬、10月下旬及11月上旬,呈现双峰分布,高值出现在6月11日、10月23日以及11月1日、4日、6日,火点数均超过200个,其中最高值出现在11月1日,火点数高达473个。

表2 2015、2014年夏秋季全国秸秆焚烧火点个数、火点数差异及增减比率统计

省份	2014年火点个数	2015年		
		火点个数	2015-2014	与2014年相比增减比率/%
黑龙江	787	1824	1037	>100
河南	821	570	-251	-31
吉林	547	472	-75	-14
辽宁	469	378	-91	-19
山东	268	321	53	20
河北	109	208	99	91
内蒙古	256	165	-91	-36
湖北	116	125	9	8
山西	78	111	33	42
甘肃	25	55	30	>100
宁夏	40	45	5	13
新疆	57	35	-22	-39
四川	35	30	-5	-14
安徽	428	25	-403	-94
陕西	35	24	-11	-31
浙江	9	12	3	33
海南	3	9	6	>100
重庆	6	9	3	50
广东	4	8	4	100
江西	21	7	-14	-67
湖南	8	7	-1	-13
江苏	27	3	-24	-89
广西	21	3	-18	-86
北京	7	2	-5	-71
贵州	6	2	-4	-67
青海	1	2	1	100
上海	0	1	1	/
云南	5	1	-4	-80
天津	5	0	-5	-100
福建	3	0	-3	-100
西藏	0	0	0	/
全国	4197	4454	257	6

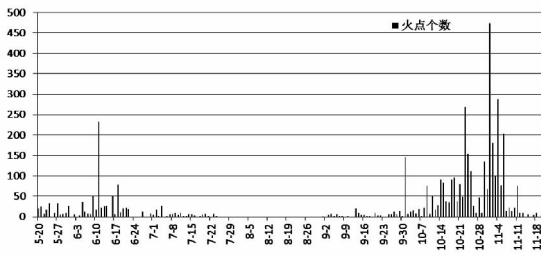


图3 2015年5月20日-11月20日
全国秸秆焚烧火点个数日统计图

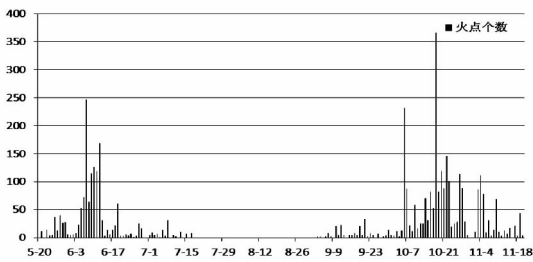


图4 2014年5月20日-11月20日
全国秸秆焚烧火点个数日统计图

与2014年同期相比,2015年夏季高峰期出现时间段保持不变,仍集中在6月中旬,但火点总数有所减少;与2014年同期相比,2015年秋季高峰期出现时间段相对较晚,10月中旬火点略有减少,11月上旬火点有明显增加。

3.2.3 2015年5月20日-11月20日全国火点涉及市个数统计结果表3给出了2015、2014年5月20日-11月20日全国秸秆焚烧火点分布监测涉及地区的详细统计,可以看出:与2014年同期相比,秸秆焚烧火点分布涉及城市个数增加较多的有广东、四川、重庆,均新增3个城市;减少相对明显的有安徽、广西、江苏、新疆、江西、天津、福建、北京、内蒙古、云南,减少数量超过2个,其中,安徽、广西均减少8个,江苏减少6个,新疆、江西均减少4个;其余各省份卫星遥感秸秆焚烧火点分布涉及城市数量变化不大。

表3 2015、2014年5月20日-11月20日全国秸秆焚烧火点涉及地区情况统计(单位:个)

省份	2014年涉及城市	2015年涉及城市	2015年与2014年同期相比地区个数变化
河南	16	17	1
山东	16	15	-1
四川	12	15	3
黑龙江	12	12	0
湖北	13	12	-1
辽宁	11	12	1
山西	10	11	1
河北	9	10	1

续表3

省份	2014年涉及城市	2015年涉及城市	2015年与2014年同期相比地区个数变化
内蒙古	12	9	-3
甘肃	7	8	1
吉林	8	8	0
安徽	15	7	-8
陕西	8	7	-1
重庆	4	7	3
广东	3	6	3
宁夏	5	5	0
浙江	5	5	0
江西	8	4	-4
新疆	8	4	-4
湖南	4	3	-1
江苏	9	3	-6
广西	10	2	-8
贵州	3	2	-1
北京	4	1	-3
上海	0	1	1
云南	3	1	-2
青海	1	1	0
福建	3	0	-3
海南	1	0	-1
天津	3	0	-3

4 结论

(1) 2015年夏秋收季全国监测到秸秆焚烧火点共计4454个,主要分布在黑龙江、河南、吉林、辽宁、山东、河北、内蒙古、湖北、山西9省,且每个省份火点数均超过100个,共计4174个,占火点总数的94%;其中,黑龙江省火点数最多,达到1824个,远高于其它省份,占火点总数的41%。

(2) 与2014年同期(4197个)相比,2015年夏秋收季秸秆焚烧火点数增加了257个,同比增加6%。秸秆焚烧主要省份(火点数大于100个)中,黑龙江增加最多,同比增加132%,火点数增加1037个;河北增幅次之,同比增加91%;山东、湖北、山西等省也略有增加;安徽、河南、吉林、辽宁、内蒙古等省火点数有明显减少,其中安徽省减少最为明显,减少个数为403个。

(3) 2015年夏秋季秸秆焚烧高峰期主要集中在6月中旬、10月下旬及11月上旬,呈现双峰分布,高值出现在6月11日、10月23日以及11月1日、4日、6日,火点数均超过200个,其中最高值出现在11月1日,火点数高达473个。

(4) 与2014年同期相比,2015年夏季高峰期出现

时间段保持不变,仍集中在6月中旬,但火点总数有所减少;与2014年同期相比,2015年秋季高峰期出现时间段相对较晚,10月中旬火点略有减少,11月上旬火点有明显增加。

(5)与2014年同期相比,秸秆焚烧火点分布涉及城市个数增加较多的有广东、四川、重庆,均新增3个城市;减少相对明显的有安徽、广西、江苏、新疆、江西、天津、福建、北京、内蒙古、云南,减少数量超过2个,其中,安徽、广西均减少8个,江苏减少6个,新疆、江西均减少4个;其余各省份卫星遥感秸秆焚烧火点分布涉及城市数量变化不大。

参考文献:

- [1] 段凤魁等. 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.
- [2] 厉青,张丽娟,吴传庆,孙中平,刘晓曼. 基于卫星遥感的秸秆焚烧监测及其大气污染影响分析研究. 生态与农村环境学报. 2009, 25(1): 1-6.
- [3] L. Giglio, J. Descloitres, C. O. Justice, and Y. Kaufman, "An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS," Remote Sensing of Environment, 2003, 87(3): 273-282.
- [4] 王桥,厉青,陈良富,张美根,张兴赢等. 大气环境卫星遥感技术及其应用, 179-180. 北京: 科学出版社, 2011.
- [5] Justice C. Algorithm Technical Background Document MODIS Fire Products [S], Version 2. 3, 2006.
- [6] 环境保护部, 秸秆焚烧日报, <http://www.mep.gov.cn/hjzl/dqhj/jgjsjcbg/>

Analysis and Comparison of Straw Burning Based on Remote Sensing Monitoring Data during Summer and Autumn Harvest Season from 2014 to 2015 in China

ZHANG Lijuan LI Qing CHEN Hui MAO Huiqin ZHOU Chunyan
WANG Zhongting ZHANG Yuhuan MA Pengfei CHEN Chuihong

(Satellite Environmental Center, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Beijing 100094)

Abstract: The paper analyzed the distribution and the trend of straw burning in summer and autumn harvest season from 2014 and 2015 in China based on the inversion information from Terra/Aqua MODIS. The following conclusions can be drawn from the study. (1) There were 4, 454 fire points of straw burning in summer and autumn harvest season in 2015 in China. They mainly distributed in Heilongjiang, Henan, Jilin, Liaoning, Shandong, Hebei, Neimenggu, Hubei, Shanxi provinces. Each of these provinces had more than 100 fire points, and the nine provinces totally had 4, 174 fire points which accounted for 94% of all fire points in China. Heilongjiang, with the 1842 fire points, had the most fire points which accounted for 41% of all fire points in China. (2) Compared with the same period in 2014, the number of fire points of straw burning added 257 and had a increments of 6% in summer and autumn harvest season in 2015. Among the main provinces of straw burning (fire points more than 100), Heilongjiang had the largest increments of 132%, while the Hebei had a smaller increments of 91% which taken the second place, and then were the Shandong, Hubei, Shanxi. The number of fire points in Anhui, Henan, Jilin, Liaoning, and Neimenggu had reduced significantly. (3) The peak time of straw burning in summer and autumn harvest season in 2015, was mainly in Mid-June, Late-October, and Early-November. There were more than 200 fire points at June 11, Oct 23, Nov 1, Nov 4, Nov 6 and 473 fire points, the highest, at Nov 1. (4) Compared with the same period in 2014, the peak time in summer kept the same in Mid-June in 2015, but the fire points decreased. Compared with the same period in 2014, the peak time in autumn came a little late in 2015, and the fire points slightly reduced in Mid-Oct, increased in Early-Nov significantly.

Keywords: straw burning; MODIS; summer and autumn harvest season

《环境与可持续发展》2017 年拟重点选题

2017 年本刊紧紧围绕中国共产党第十八届六中全会精神和《“十三五”生态环境保护规划》要求,切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,以全面建成小康社会、全面深化改革、全面依法治国、全面从严治党的战略布局为统领,重点以深化生态文明体制改革和加快建立生态文明制度体系,改善环境质量,绿色发展和建设美丽中国为议题,策划选题,以期“十三五”绿色环保新蓝图落地实施建言献策。

2017 年拟重点选题: 绿色发展、生态文明制度体系、大气环境质量管理、机动车污染防治、水污染防治、土壤污染与修复、环境外交、环境与健康、农村环境保护、环境风险防范与应急管理、固体废弃物环境管理、环境产业、污染减排重点以及环境与贫困等。请各界人士能予以关注并不吝赐稿,同时欢迎相关单位及课题组协办专栏或者专刊。