

2013年成都地区一次秸秆焚烧特征及成因分析

李 展¹, 杜云松², 王 斌¹

(1.四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610065; 2.四川省环境监测总站, 四川 成都 610041)

摘 要: 2013年9月14~17日成都及周边地区出现了一次秸秆焚烧空气污染过程, 成都、德阳受污染影响较严重, 乐山、眉山影响相对较轻。基于空气污染指数API, 结合雷达消光系数反演图、在线气团后向轨迹及探空斜温图分析本次空气污染过程, 主要是由成都城区以南地区秸秆焚烧及区域边界层辐射逆温等不利扩散气象条件共同造成的。

关键词: 秸秆焚烧; 消光系数; 后向轨迹; 空气污染

中图分类号: X513

文献标志码: A

Features and Cause Analysis of Air Pollution Caused by Straw Burning in Chengdu in 2013

Li Zhan¹, Du Yunsong², Wang Bin¹(1.School of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China;
2.SiChuan Environmental Monitoring Center, Chengdu 610041, China)

Abstract: During September 14 to 17 of 2013, Chengdu and its surrounding cities experienced a serious haze pollution caused by straw burning. The pollution in Chengdu and Deyang was more serious, while that in Leshan and Meishan was relatively slight. On the basis of the air pollution index (API), by use of extinction coefficient inversion with the back trajectory analysis of HYSPLIT model and meteorological data, features and mechanism of the air pollution were analyzed. The results showed that such pollution was caused by straw burning in the south area of Chengdu and the meteorological conditions unfavorable for dispersion such as radiation inversion at the regional boundary layer in a synergistic way.

Keywords: Straw Burning; Extinction Coefficient; Back Trajectory; Air Pollution

CLC number: X513

每年夏收和秋收后, 我国部分城市因秸秆焚烧而笼罩着烟雾, 总悬浮颗粒物浓度显著增加, 空气污染指数明显上升^[1], 屡屡出现“爆表”现象。秸秆焚烧产生大量CO、CO₂、NO_x、悬浮颗粒物、烟尘等有毒有害物质^[2-3], 严重影响空气质量、危害环境及人体健康。秸秆焚烧过程中污染区域、时段相对集中, 加之遇到不利于污染物扩散的气象条件, 会导致短期内污染物骤升, 空气污染指数居高不下^[4]。本研究分析了秸秆焚烧时对城市空气质量的污染过程, 结合在线气团后向轨迹^[5]、探空斜温图及雷达消光系数反演图^[6-7]推测污染过程及气象条件对污染事件形成的作用。

1 研究方法数据来源

1.1 研究方法

HYSPLIT-4模型是美国海洋与大气研究中心(NOAA)环境空气资源实验室(ARL)开发用于计算和分析大气污染物输送和污染物扩散轨迹的模型, 在处理多种气象要素输入场及不同类型排放源的输送、扩散和沉降模型等^[8-9]领域具有较强完整性和准确性。微脉冲激光雷达探测系统原理是利用大气气溶胶对激光的散射、吸收、消光等物理效应测定其分布特征, 可实时快速监测获取气溶胶各光学性质、空间垂直分布及相关信息的有效遥感技术。激光雷达的探测数据可反映大气边界层的结构和时间演变特征、大气气溶胶

收稿日期: 2014-06-06

作者简介: 李 展(1989-), 女, 硕士研究生。研究方向: 大气环境监测。

(飘尘)消光系数垂直廓线和时间演变特征^[10-11]、大气能见度等信息,在大气环境监测和研究中具有其它测量手段不可替代的优势。

1.2 数据来源

成都、德阳、眉山、乐山市的API数据来源于中华人民共和国环境保护部数据中心网站(<http://datacenter.mep.gov.cn/>)实时公布的数据,颗粒物(PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$)质量浓度数据来源于四川省环境监测总站,空气轨迹图和相应的轨迹数据来源于美国国家环境预报中心(NCEP)的全球再分析资料,黑碳仪数据及激光雷达数据来自四川省成都市西南交大综合子站,探空斜温图相关气象数据来源于Atmospheric Soundings网站(<http://www.weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)。

2 结果与讨论

2.1 秋季秸秆焚烧时成都及周边城市空气质量

2013年9月14~17日成都及周边地区出现了秋季第一次秸秆焚烧造成环境空气质量恶化的天气过程,影响范围为成都、德阳、乐山、眉山地区,影响面积约3.8万 km^2 ,影响人口约2 259万人,见图1、2。

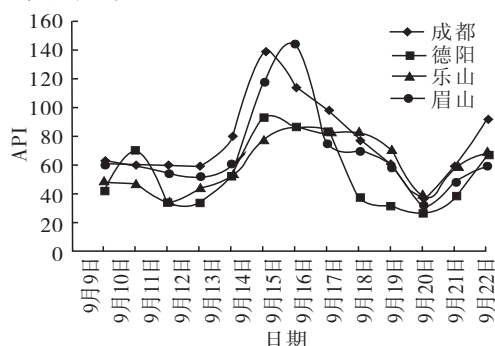


图1 9月10~22日成都及周边城市API变化

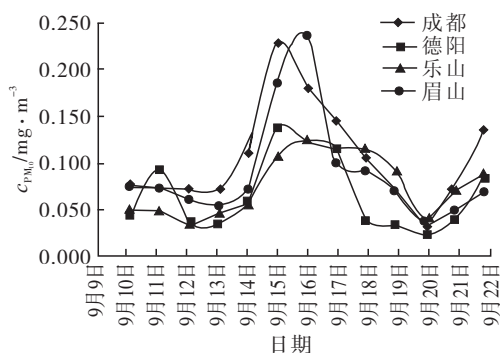


图2 9月10~22日成都及周边城市 PM_{10} 变化图

从图1、2中看出,本次污染天气对成都、德阳两市的污染影响较严重,乐山、眉山两市影响程度相对较低。结合图1和图2可以看出,秸秆焚烧过程中污染天气首要污染物均为可吸入颗粒物,成都市在15、16日持续两天为重度污染(按AQI评价),17日中度污染,14日为轻度污染;眉山市在15、16日连续两天呈轻微污染水平(按API评价)。

2.2 秋季秸秆焚烧污染过程分析

本次污染过程内因主要是成都主城区以南周边地区秋收秸秆焚烧,主要分两个阶段:第一阶段为14日17时至15日12时左右,第二阶段为15日20时至17日20时左右。以污染较为严重的成都和眉山两市分析本次污染过程。成都市 PM_{10} 浓度从14日21时~15日0时跃升至 0.298 mg/m^3 ,持续维持在高浓度水平并达到重度污染。15日白天,颗粒物浓度随气象条件的逐渐改善开始缓慢下降至常态水平。15日傍晚 PM_{10} 浓度再次缓慢上升至 0.272 mg/m^3 ,16日持续在重度污染水平。根据西南区域气象信息共享服务网的气象数据可知:16日成都地区降水量达17.8 mm,平均风速为1.7 m/s,气象条件的改善对颗粒物的洗脱、扩散作用较为明显,至17日傍晚降至常态水平。眉山市 PM_{10} 浓度从14日21时至15日2时上升至 0.347 mg/m^3 ,15日白天降至常态水平,21时 PM_{10} 浓度开始再次上升,同时夜间边界层辐射逆温条件使颗粒物扩散受到抑制,加剧了空气污染程度。眉山市 PM_{10} 浓度在16日2时达到最大值为 0.439 mg/m^3 ,直到17日才降至常态水平。

2.3 秸秆焚烧污染时期成都市人民南路子站颗粒物浓度变化

针对秋季秸秆焚烧污染个案期间成都市人民南路子站监测的颗粒物浓度数据分析,14日傍晚21时开始, PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 分别骤升了2.53、3.26倍,最高浓度分别达到 0.385 、 0.297 mg/m^3 ;15日夜降至16日凌晨, PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 再次缓慢上升了2.64、2.58倍,最高浓度达到 0.341 、 0.253 mg/m^3 。根据14~17日人民南路子站日均浓度数据及 $\text{PM}_{2.5}$ 占 PM_{10} 浓度的比值见图3,可以更直观的看出每日

日均浓度变化及 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 的比值变化范围, 污染期间 PM_{10} 日均浓度变化范围为 $0.165\sim0.250\text{ mg/m}^3$, $PM_{2.5}$ 日均浓度为 $0.105\sim0.175\text{ mg/m}^3$, $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的百分比为 $62.5\%\sim72.9\%$, 表明该点位可吸入颗粒物中细颗粒的贡献大于粗颗粒物。

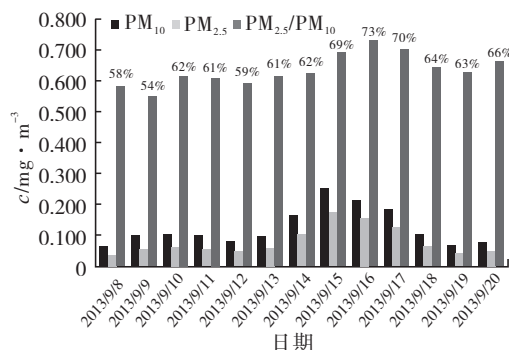


图3 成都人南子站 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 日均值及 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 变化

2.4 秋季秸秆焚烧污染过程原因分析

2.4.1 黑碳仪数据分析 综合站采用美国MAGEE科技公司研制和生产Aethalometer™黑碳仪(EPA认证), 可实现对大气中黑碳气溶胶在紫外、可见和近红外7个波长(370, 470, 520, 590, 660, 880, 950 nm)的同时监测, 时间分辨率可达2 min, 全波段测量气溶胶光学吸收, 可提供全面的气溶胶光学吸收性质信息, 有利于排除干扰物的影响^[12-14]见图4。

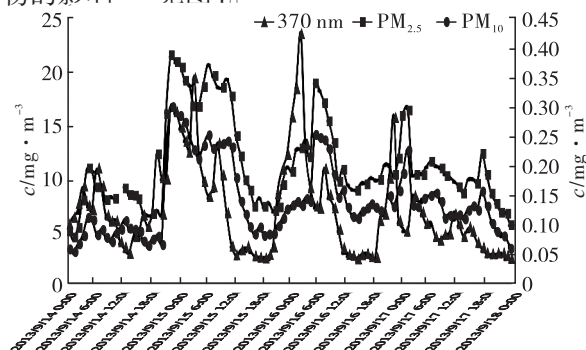


图4 黑碳仪370 nm波段气溶胶浓度和颗粒物(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$)浓度变化趋势

黑炭仪监测仪器上获取的370 nm紫外波段的测量数据主要表征芳香族有机化合物、木屑等生物质燃烧产生的烟尘, 露天秸秆焚烧过程产生的烟雾在此时间段浓度较高。从图4中可知污染时期黑碳仪监测370 nm波段气溶胶浓度与监测子站的颗粒物(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$)浓度变化趋势基本一致

且具有很强的相关性。

2.4.2 秸秆焚烧污染过程中消光系数反演图分析

成都及周边地区夜间无降水, 风速较小或为静风, 高空逆温层较厚, 空气中生物质燃烧产生的烟尘、颗粒物等较多, 结合西南交通大学综合子站

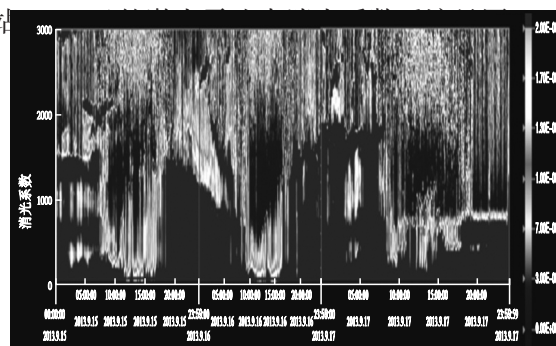


图5 9月15~17日激光雷达消光系数反演

图5表明成都市夜间气溶胶含量及颗粒物浓度较高。同时可以看出在1.5 km以下有非常稳定的边界层存在, 消光系数较大, 颗粒物的垂直扩散受到抑制加剧了空气污染程度。

2.4.3 HYSPLIT模型模拟后向轨迹图分析 采用HYSPLIT模型模拟1 000 m高度污染物在线气团向后轨迹对本次秸秆焚烧污染分析, 重点推测秸秆焚烧排放的大气污染物来源^[15]。以成都地区(30.65N、104.06E)为中心, 计算气流48 h的后向轨迹, 见图6、7。

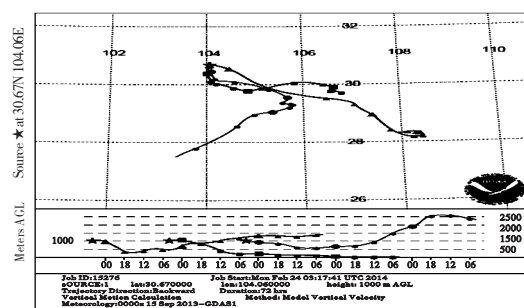


图6 成都市9月14~16日气团后向轨迹



图7 成都市9月14~16日在线气团后向轨迹与卫星合成图

2.4.4 秸秆焚烧污染过程中边界层特征分析 图6,7中表明14日和15日气团运动轨迹为:乐山-眉山-彭山-成都,污染源在成都主城区以南,16日气团则转为偏东方向。结合卫星图和云图未监测出的明显成片火点,说明本次秸秆焚烧较为零星。一般气象条件下,因四川盆地特殊地形影响,秸秆焚烧的污染涉及范围不大,主要集中在焚烧点局部区域附近。

大气边界层为靠近地球表面、受地面摩擦阻力影响的大气层区域,边界层结构对大气输送与扩散能力具有决定性作用,与区域性污染过程也有很大的关系^[16-17]。入秋后的盆地夜间边界层辐射逆温不利于污染物扩散的气象条件是本次污染的重要外部协同影响因素,图8给出了2013年9月14~17日世界时00:00(地方时08:00)的成都温江探空站曲线图。

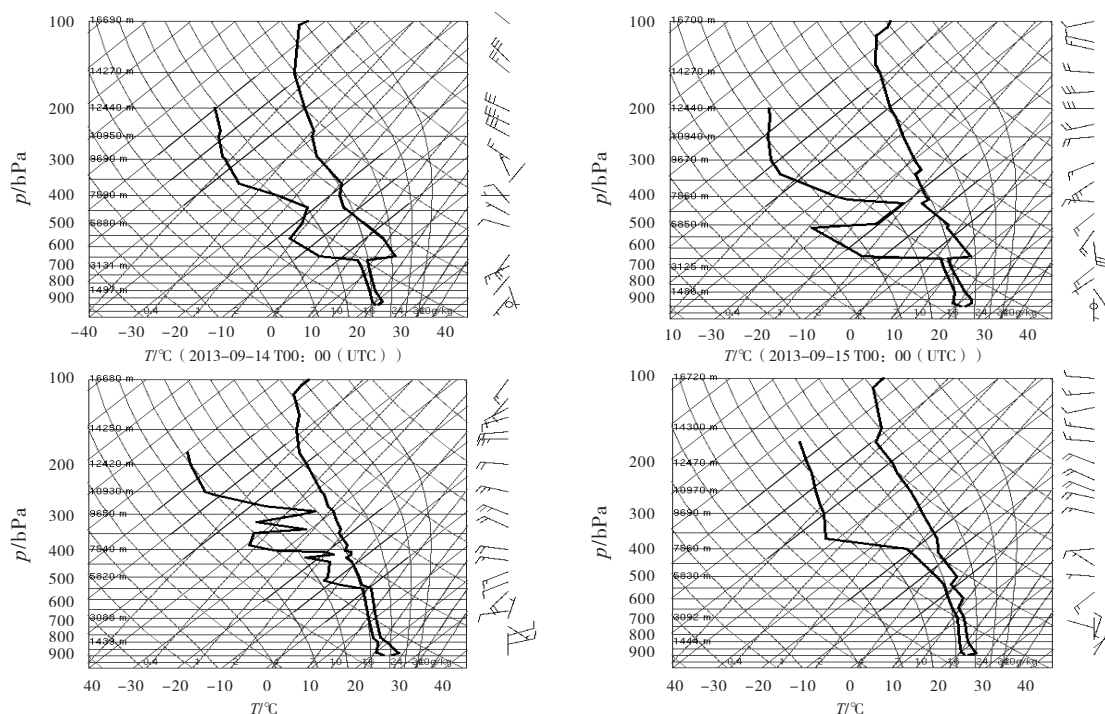


图8 成都市2013年9月14~17日探空斜温曲线图

从图8看出,在污染过程中有多层辐射逆温现象,边界层高度较低,成都地面风速普遍小于2 m/s,不利于污染物的稀释扩散。14~17日贴地层均有明显的逆温层,边界层高度大约700~800 m,近地面平均风速为1.1~1.7 m/s,近地层相对湿度为72.6%~80.7%,近地面气象条件较为有利于颗粒物的浓度累积。

3 结论

(1) 秸秆焚烧污染期间,成都市 PM_{10} 日均浓度变化为0.165~0.250 mg/m^3 , $PM_{2.5}$ 日均浓度为0.105~0.175 mg/m^3 , $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的百分比为62.5%~72.9%,表明该点位可吸入颗粒物中细颗粒的贡献大于粗颗粒物。

(2) 本次污染天气过程主要为成都主城区以南零星秸秆焚烧影响所致,风速较小或静风,地面湿度较大,同时伴随夜间边界逆温层等不利于污染气象条件的协同作用,造成了成都出现持续2 d重度污染,1 d中度污染,1 d轻度污染水平(AQI评价),同期眉山市持续2 d轻微污染(API评价),影响面积约3.8万 km^2 ,受污染影响人口数量约2 259万人。

(3) 结合综合站激光雷达消光系数反演图、在线气团后向轨迹模拟以及探空数据监测资料等,推断污染期间成都及周边城市污染物变化趋势、污染来源及造成污染过程的协同气象因素。研究表明本次污染过程中,贴地层均有明显逆温层,边界层高度大约700~800 m,近地面平均

风速为1.1~1.7 m/s, 近地层相对湿度为72.6%~80.7%, 气象条件较为有利于颗粒物的浓度累积。鉴于国内灰霾天气的频繁发生, 其污染成因、影响程度及解决措施亟进一步更深入的研究。

参考文献

- [1]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].环境监测与管理技术,2011,23(2):61-63.
- [2]Paul J Crutzen, Leroy E Heidt, Joseph P Krasnec, et al. Biomass burning as a source of atmospheric gases CO, H₂, N₂O, NO, CH₃CL and COS[J]. Nature, 1979, 282:253-256.
- [3]陆豪,朱利中. 秸秆烟气中多环芳烃的排放系数及燃烧贡献率[A].//第五届全国化学大会摘要集[C],2009:49-53.
- [4]陈曲,孙燕,张备. 一次严重性灰霾天气成因分析及预报方法构建[A].第六届长三角气象科技论坛论文集[C],2009:566-569.
- [5]苏继峰,朱彬,周海,等. 秸秆焚烧导致南京及周边地区2次空气污染事件的成因比较[J].生态与农村环境学报,2012,28(1):37-41.
- [6]蔡宏珂,周任君,傅云飞,等. CALIOP对一次秸秆焚烧后气溶胶光学特性的探测分析[J].气候与环境研究,2011,16(4):469-478.
- [7]刘东,戚福弟,金传佳,等. 合肥上空卷云气溶胶退偏振比的激光雷达探测[J].大气科学, 2003, 27(6):1093-1110.

(上接第36页)

4 结语

放射源失控将会带来巨大危害, 我国《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对放射源进行从生产、进口、销售、使用、转移、贮存、废弃和处置的全过程统一监管^[3-5]。文章以放射源在线监控管理系统为对象, 以扬州市为例, 对系统在运用中现实存在的情况和可能发生的风险进行分析与探讨, 打破以往系统在建设中的千篇一律, 更加注重应用的实用性, 不断提高科学性, 并初步形成了以“一企一策、多措并举”为核心的解决思路, 对该系统在其他城市的应用推广具有积极的借鉴作用。下一步本文将结合核技术应用建设项目“三同时”(所谓“三同

- [8]朱佳雷,王体健,邢莉,等. 江苏省一次重霾污染的特征和机理分析[J].中国环境科学, 2011, 31(12): 1943-1950.
- [9]王茜. 利用轨迹模式研究上海大气污染的输送来源[J].环境科学研究,2013,26(4):357-363.
- [10]李礼,杨灿,余家燕,等. 重庆典型灰霾天气下大气气溶胶的激光雷达探测[J].环境科学与管理, 2012,37(1):143-146.
- [11]钱胜利,李成才,张庆红. 东亚高空大气气溶胶的分布及沙尘输送特征研究[J].北京大学学报:自然科学版,2010,46(4):547-554.
- [12]Im J S, Saxena V K, Wenny B N. Temporal trends of black carbon concentrations and regional climate forcing in the southeastern United States[J]. Atmospheric Environment, 2001, 35(19):3293-3302.
- [13]Michael J Gatari, Johan Boman. Black carbon and total carbon measurements at urban and rural sites in Kenya, East Africa[J]. Atmospheric Environment, 2003, 37(8):1149-1154.
- [14]娄淑娟,毛节泰,王美华. 北京地区不同尺度气溶胶中黑碳含量的观测研究[J].环境科学学报,2005,25(1):17-22.
- [15]Danutawat Tipayarom, Nguyen Thi Kim Oanh. Effects from Open Rice Straw Burning Emission on Air Quality in the Bangkok Metropolitan Region[J]. Science Asia, 2007, 33(3):339-345.
- [16]苏福庆,杨明珍,钟继红,等. 华北地区天气型对区域大气污染的影响[J].环境科学研究,2004,17(3):16-20.
- [17]黄伟,瞿崇治,余家燕,等. 重庆区域性灰霾天气下大气污染分析初探[J].西南师范大学学报:自然科学版,2012,37(7):142-146.

时”即“同时设计、同时施工、同时投入使用”)等其他管理规范和要求, 将其一并纳入系统平台建设规划中, 逐步实现企业信息的同步更新, 实现监管工作的进一步前移, 建立较为完善的核与辐射信息化监管体系, 不断提高环境安全监管效能。

参考文献

- [1]郁蕾,匡恒.放射源远程自动监控管理体系的构建[J].环境监控与预警,2011(01):30-32.
- [2]郁蕾,匡恒.苏州放射源远程安全监控管理系统浅议[J].污染防治技术,2010(03):59-61.
- [3]陆继根,蒋云平,范磊.放射源实时监控和预警系统的研究和探讨[J].中国辐射卫生,2011(02):224-225.
- [4]何海洋,周洪亮,张宏建,等.基于RFID/GPRS的放射源监控系统[J].核电子学与探测技术,2011(11):1223-1227.
- [5]周晓剑,杜江,王晓涛,等.放射源安全在线监控技术应用探讨[J].环境科技,2012(06):57-60+72.