

秸秆燃烧排放及 空气质量影响评估

提交至：中国上海长江三角洲清洁空气论坛

Stephen Reid, Sean Raffuse, Kenneth Craig, Song Bai

美国索诺玛科技有限公司
加利福尼亚州，佩塔卢马市

2015年3月24日



Sonoma Technology, Inc.

演示大纲

- 简介
 - 美国秸秆燃烧
- 秸秆燃烧排放
 - 评估方法
 - 数据来源
- 个案分析：堪萨斯牧场燃烧
 - 回顾性分析
 - 影响预测（以支持空气质量的管理）

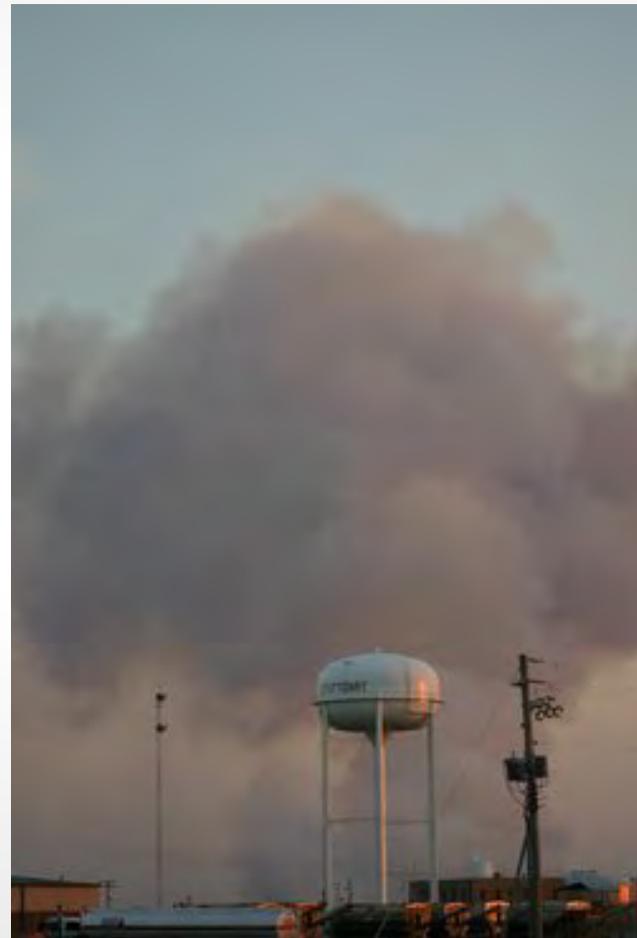
美国秸秆燃烧 (1)

- 全美50个州都有秸秆燃烧的情况发生
- 大部分谷物、棉花、稻米、大豆、甘蔗、小麦等农作物残余都以燃烧的方式进行清理
- 秸秆燃烧能够有效处理收割期后的残留物，利于杂草防治工作，并提供灰化肥



美国秸秆燃烧 (2)

- 秸秆燃烧排放颗粒物和有害气体 (如: CO_2 , CO , NO_2 , SO_2)
- 由于担心空气质量受到影响, 多个州已开始实行相关燃烧政策和许可证制度
- 例如, 加利福尼亚州通过对当地空气质量和气象状况的预测, 确定可燃烧的日期和天数, 并选择性地发放燃烧许可证



美国秸秆燃烧 (3)

- 在美国，其他类型的农业燃烧还包括牧场改善燃烧
- 从空气质量控制的角度来看，以下方面具有重要意义：
 - 准确追踪农业燃烧活动
 - 估计污染排放量
 - 评估潜在的空气质量影响
 - 制定策略以缓解不良影响



污染物排放概况

$$\text{排放量} = A \times AFL \times \beta \times Ef$$

代表意义:

A 燃烧面积 (如: 英亩、平方公里)

AFL 有效可燃物负荷量 (单位面积内的燃烧物质量)

β 燃烧效率 (单位面积内的燃烧物消耗比率)

Ef 排放因子 (单位燃烧物消耗所排放的污染物质量)

污染物排放量预测的准确计算要求以上数据正确无误

燃烧活动数据

$$E = A \times AFL \times \beta \times Ef$$

怎样确定燃烧地点和规模？

- 许可证数据和其他燃烧活动报告
- 通过农业部门问卷调查确定的典型燃烧活动
- 遥感数据
 - 基于卫星数据的火灾判定
(良好的空间和时间分辨率)
 - 基础农业地理数据
(作为农作物分类依据)

卫星数据 (1)

中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 展示图

- 1公里范围的燃烧活动展示图 (卫星数据显示的中红外辐射)
- 8天表面反射图 (以500米分辨率监测燃烧区域)

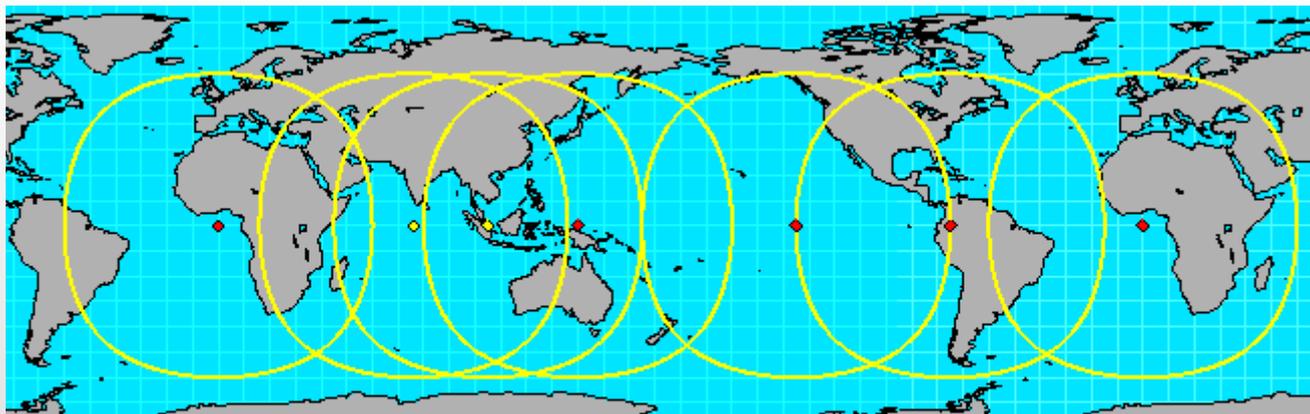


燃烧活动时间：2014年1月1日 - 3月21日

卫星数据 (2)

其他关于燃烧活动的卫星数据来源：

- 可见光及红外光成像放射仪套件 (VIIRS)
 - 拥有比中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 更高空间分辨率的新型仪器 (能更好地监测小规模农业燃烧活动)
- 地球同步卫星
 - 高时间分辨率，能够监测到更多规模小时间短的燃烧活动

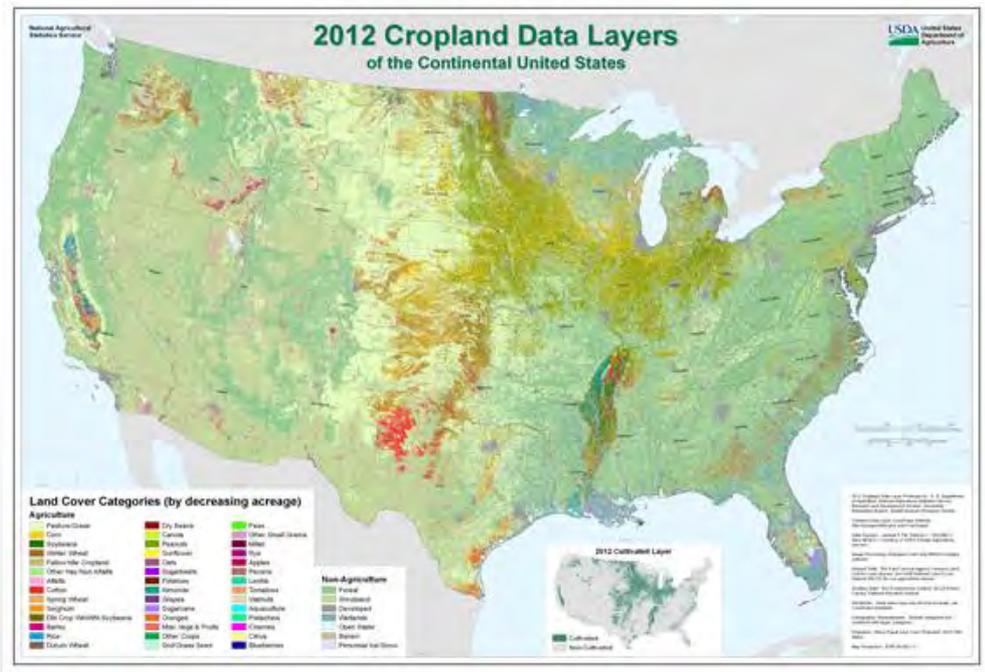


地球同步卫星
覆盖范围实例

土地使用数据

美国国家农业统计局 (NASS)
基础农业地理数据

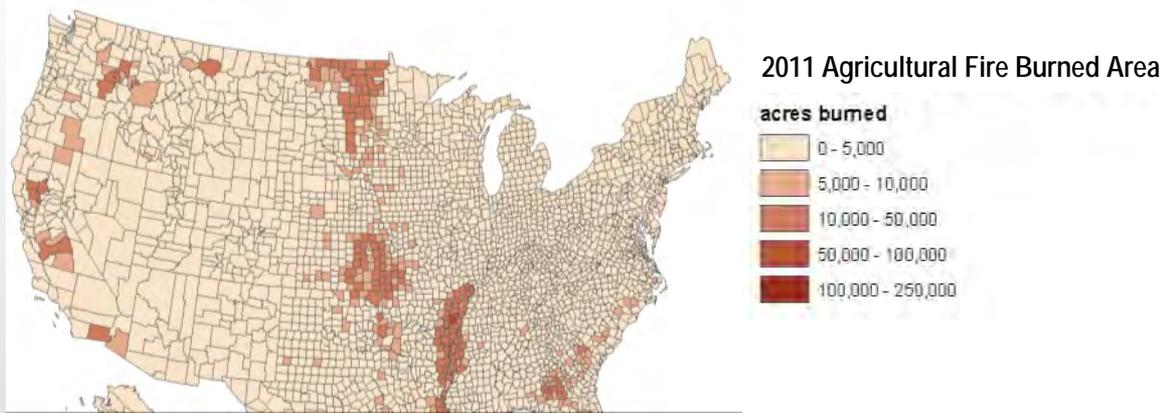
- 美国大陆地区30米精度的地理统计数据
- 每年更新
- 可用于结合燃烧地理位置来判断作物类型



燃烧活动数据实例

美国环保署的全国排放清单 (NEI)

- 综合性国家清单，每三年更新一次
- **STI** 根据卫星监测数据和土地使用数据更新农业燃烧活动信息



有效可燃物负荷量

$$E = A \times AFL \times \beta \times Ef$$

决定可燃物负荷量的相关因素：

- 农作物生产状况和产量
- 农作物残余比率

美国环保署AP-42排放因子纲要包括不同农作物类型的可燃物负荷量数据

(<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/final/c02s05.pdf>)

燃烧效率

$$E = A \times AFL \times \beta \times Ef$$

燃烧效率：可燃物含水量函数

- 美国环保署在国家温室气体排放清单中确定平均农作物燃烧效率为88%
- McCarty 2011年根据科学文献推导出具体农作物类型的燃烧效率值，范围在0.65（棉花）到0.85（小麦和牧草）之间

排放因子

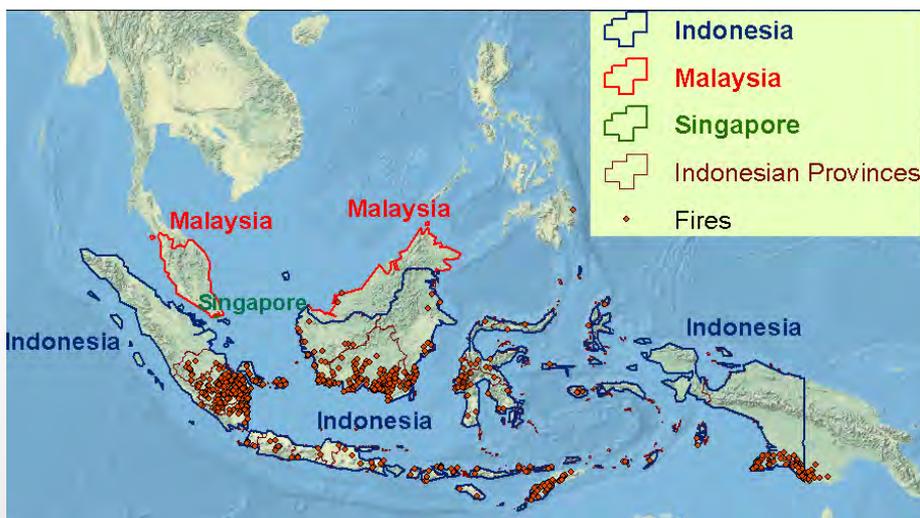
$$E = A \times AFL \times \beta \times Ef$$

- 通过实验室和实地燃烧控制试验确定排放因子
- 美国环保署AP-42排放因子纲要包括了不同农作物类型的排放因子
- McCarty 2011年根据科学文献推导出了和具体农作物类型相关的排放因子和不确定性评估。

燃烧排放评估实例

印度尼西亚森林火灾的排放评估

- 我们对2011年9月印尼特大火灾进行了燃烧排放评估
- 使用了中分辨率成像光谱仪卫星数据和BlueSky烟雾模型框架



中分辨率成像光谱仪监测显示2011年9月26日-27日印尼火灾点（红点=火灾探测仪）



根据BlueSky预测，2011年9月26日-27日共排放了上万吨PM_{2.5}

个案分析

美国堪萨斯牧场燃烧

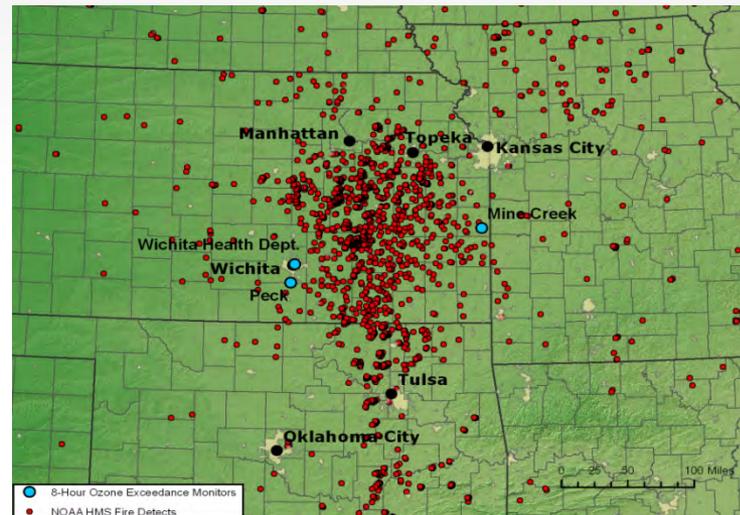
弗林特希尔斯牧场燃烧

- 弗林特希尔斯地区位于美国堪萨斯州东部，面积约为 25,000 km²，是北美最大的高草草原生态系统
- 牧场面积超过一百万英亩，每年春天会进行牧场燃烧提高放牧质量，促进生态系统健康
- 弗林特希尔斯地区与经过污染的大都市圈相毗邻



空气质量影响 (1)

- 2011年4月弗林特希尔斯地区发生大规模燃烧
- 附近城市空气质量监测站点多次检测到超出美国空气质量标准的臭氧污染浓度（美国8小时平均臭氧标准为75 ppb）



2011年4月6日卫星探测显示图

监测点	2011年	8hrs内臭氧浓度 (ppb)
Mine Creek	4月6日	76
Peck	4月6日	82
Wichita Health Dept.	4月6日	79
KNI-Topeka	4月12日	84
Konza Prairie	4月12日	78
Konza Prairie	4月13日	79
Peck	4月29日	77
Sedgwick	4月29日	82

空气质量影响 (2)

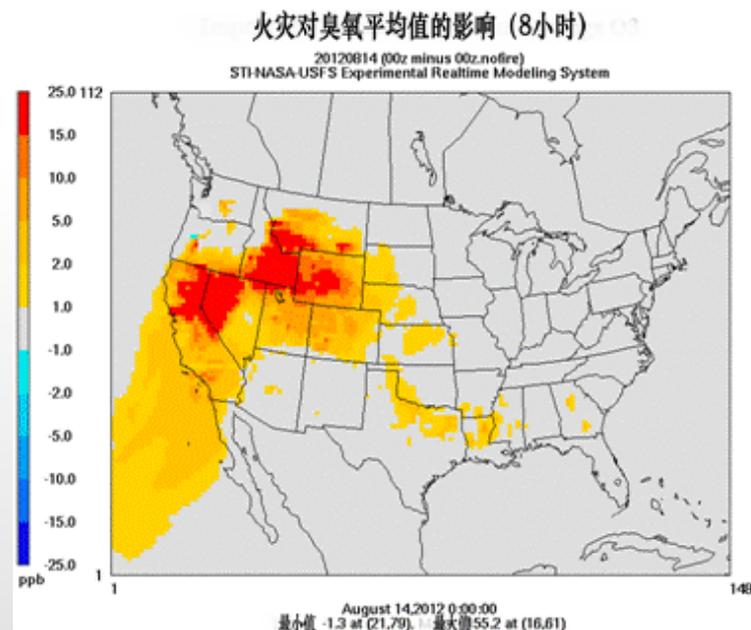
- 美国堪萨斯州卫生环境部 (KDHE) 希望能够就牧场燃烧排放对当地臭氧含量的影响展开评估工作
- STI 对牧场燃烧排放进行了评估, 并应用光化学网格模型量化了燃烧活动对该地区臭氧浓度的影响



技术方法 (1)

• BlueSky烟雾模型系统

- 由STI和美国森林服务局共同开发，可在全美范围内就火灾和燃烧活动对空气质量的影响进行预测评估
- 利用SmartFire工具系统对火灾信息的不同数据来源进行归纳整理（如：卫星报告和地面报告）
- 每日运行气象模型（WRF）和CMAQ光化学网格模型，网格分辨率为36公里
- 应用2011年4月的弗林特希尔燃烧活动的详细信息进行了回顾性模拟



右图: BlueSky样图展示了2012年8月14日火灾对臭氧造成的影响

技术方法 (2)

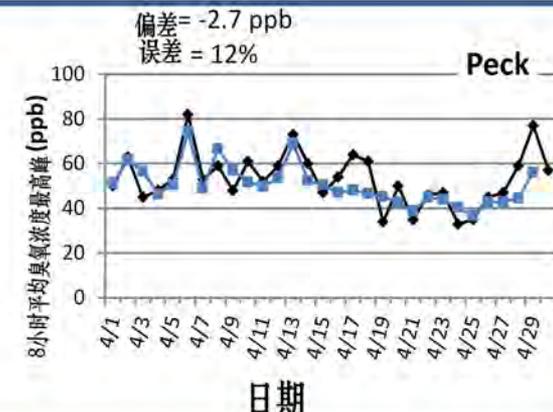
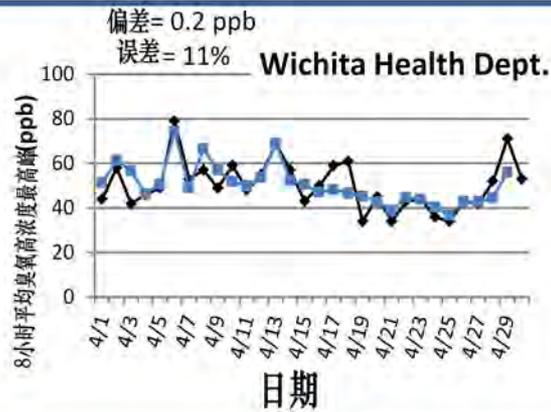
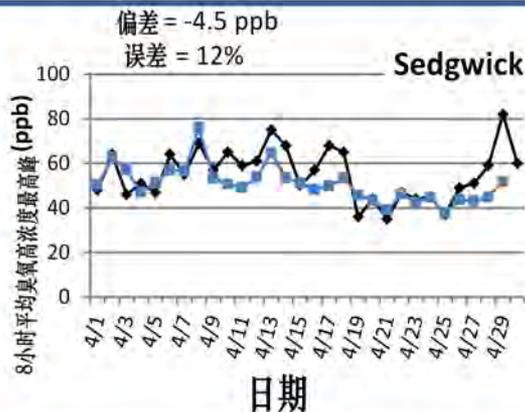
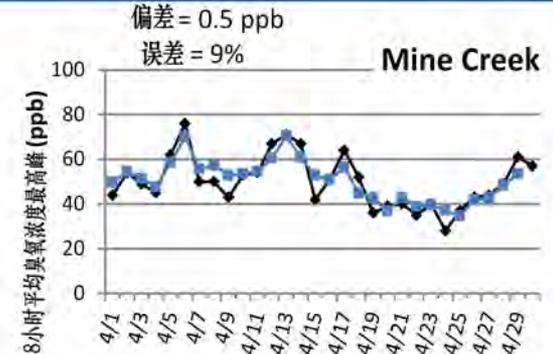
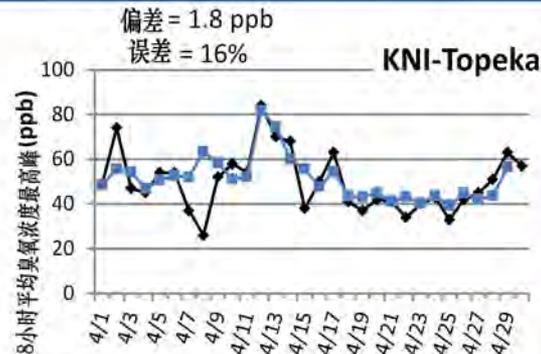
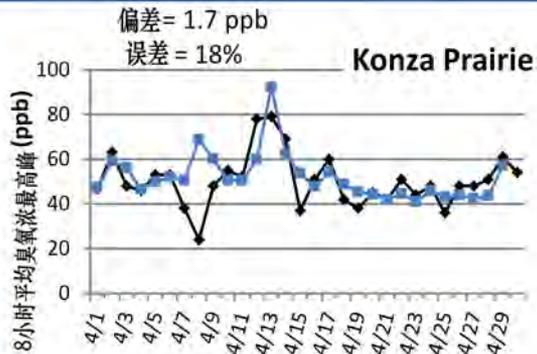
- 当地燃烧排放评估主要基于
 - 根据堪萨斯州立大学的燃烧痕迹分析得出的每日燃烧面积
 - 由堪萨斯卫生环境部 (KDHE) 提供的当地的可燃物负荷量数据
 - 基于当地燃烧活动排放实例 (上午10点到晚上6点) 的平均分布曲线
- SmartFire包括的其他燃烧排放数据
- 美国环保署2008年国家排放清单的非燃烧排放数据



右图：弗林特希尔斯牧场大火燃烧痕迹实例

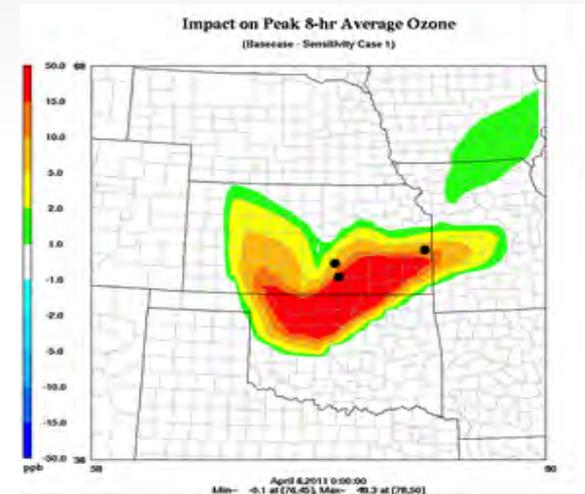
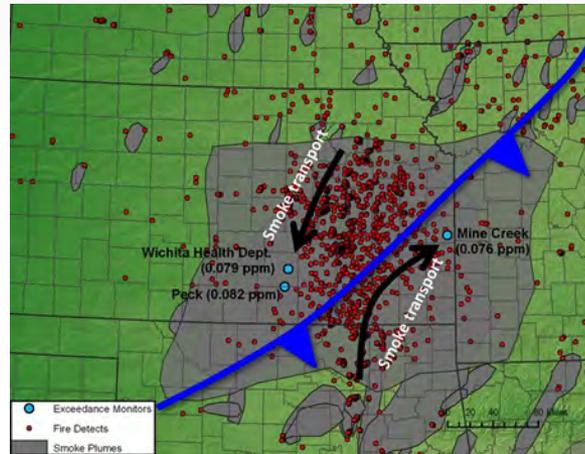
模型数据分析

- BlueSky Gateway 记录的2011年4月臭氧含量总趋势
- 平均偏差: -4.5 ppb ~ 1.8 ppb
- 标准化平均误差: 9% - 18%



2011年4月6日——分析结果

- 燃烧面积：
248,000 英亩
- 由于中午锋面过境形成复杂气流
- 如果没有燃烧活动产生的烟气，
臭氧浓度将不会超过75 ppb

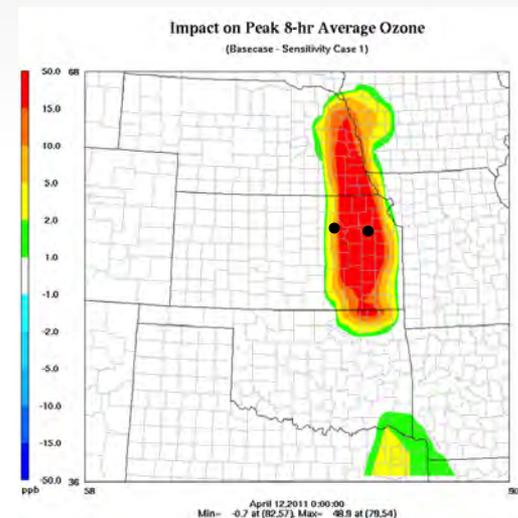
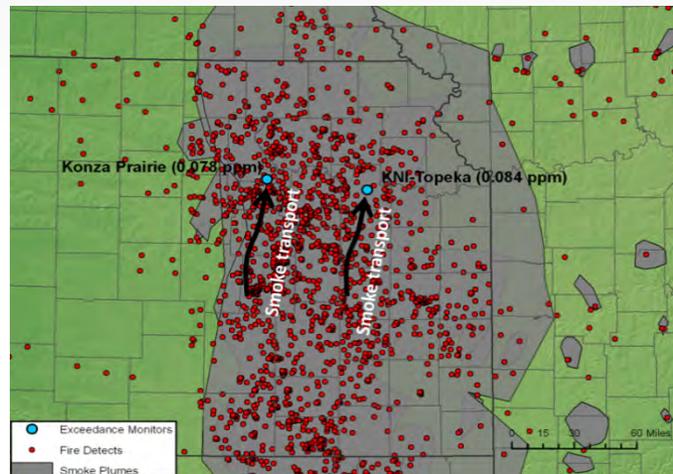


弗林特希尔斯大火对平均臭氧浓度 (ppb) 8小时内的模拟影响

监测点	观察值	全部火点 CMAQ	无弗林特希尔斯 火点CMAQ	弗林特希尔斯 燃烧的影响
Mine Creek	76	70	60	10
Wichita	79	74	54	20
Peck	82	74	54	20

2011年4月12日——分析结果

- 燃烧面积：
298,000英亩
- 烟雾迁移主要
受南风影响
- 如果没有燃烧活
动产生的烟气，
臭氧浓度将不会
超过75 ppb

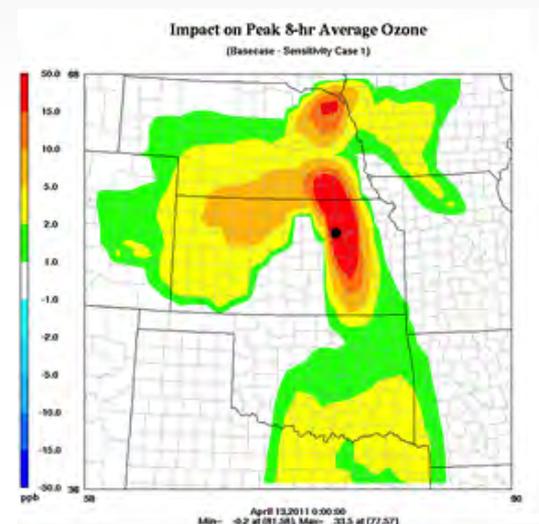
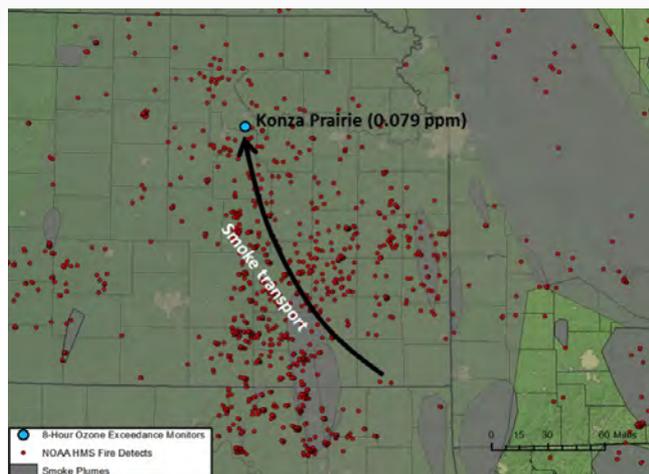


弗林特希尔斯大火对平均臭氧浓度 (ppb) 8小时内的模拟影响

监测点	观察值	全部火点 CMAQ	除弗林特希尔斯 CMAQ	弗林特希尔斯 的影响
KNI-Topeka	84	82	54	28
Konza Prairie	78	60	53	7

2011年4月13日——分析结果

- 燃烧面积：
291,000 英亩
- 东南风将烟雾转移到Konza大草原。之前几天的的烟雾移行也是重要因素
- 如果没有燃烧活动产生的烟气，臭氧浓度将不会超过75 ppb

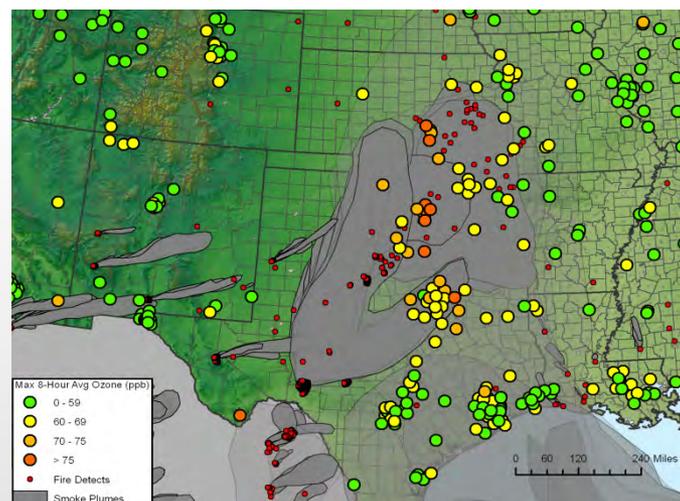
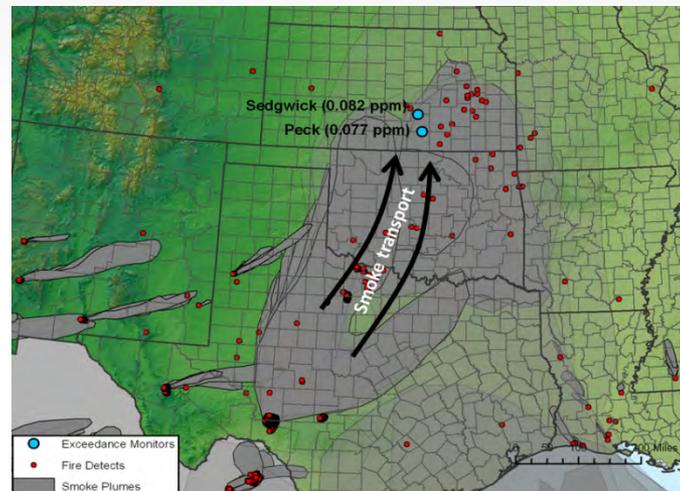


弗林特希尔斯大火对平均臭氧浓度 (ppb) 8小时内的模拟影响

监测点	观察值	全部火点 CMAQ	除弗林特希尔斯 CMAQ	弗林特希尔斯 的影响
Konza Prairie	79	92	62	30

2011年4月29日——分析结果

- 弗林特希尔斯地区的燃烧面积为19,000 英亩
- 德克萨斯州和墨西哥发生大规模火灾，燃烧范围内臭氧含量增加
- 根据模型显示，弗林特希尔斯的燃烧活动没有对臭氧浓度造成明显影响。堪萨斯地区监测点的臭氧增加是由于大规模的烟雾迁移



分析结论

- 对燃烧活动的模型分析结果显示，堪萨斯地区监测点8小时平均臭氧浓度受影响的范围为5-30 ppb
- 堪萨斯地区有四天空气质量超过了美国国家空气质量标准，根据模型分析可以看出其中三天都是由于弗林特希尔斯的燃烧活动导致
- 据此分析，美国环保署在做不达标地区调控决策时将不考虑这三天的臭氧测量值
- 美国环保署鼓励该地区继续发展管理策略，应对由燃烧活动引发的空气污染

堪萨斯州卫生环境部烟雾管理计划 (1)

STI与堪萨斯州卫生环境部合作，共同制定燃烧决策支持系统

网站为管理人员提供每日烟雾预测信息以及燃烧时间及地点的指南

Kansas Flint Hills
SMOKE MANAGEMENT

Home About Us Environment Regulations Education Health Events Weather Smoke Models

About Cumulative Fire Impacts Your Fire Impacts

Welcome to the Kansas Fire Modeling Page

The Flint Hills Smoke Management Plan encourages land managers to use model predictions in making the final decision to burn. Models have been developed specifically for use with the Smoke Management Plan. These models predict the potential contribution to urban area air quality problems. They do not provide information about whether conditions are safe to conduct a burn. Where required by local ordinance, check with your local public safety official regarding fire safety questions.

Cumulative Fire Impact

Two forecast models have been developed. The Cumulative Fire Impact map is generated by the first model. The map shows the predicted potential contributions of smoke from each county to air quality in urban areas. This information is based on the assumption that multiple fires will be occurring simultaneously across the Flint Hills. The model uses emission rates from burn days in prior years when air quality in downwind cities exceeded air quality standards. These data, coupled with currently predicted weather conditions, provide an overall look at air quality impacts for a two-day period. A map is generated for each day, with each county colored to represent the predicted contribution of fires in that county to air quality in Kansas City, Wichita, and Topeka:

Color	Potential Contribution
Green	Fires in the county are expected to have a small contribution
Yellow	Fires in the county are expected to have a medium contribution
Red	Fires in the county are expected to have a large contribution
White	The county is not included in the model

Your Fire Impacts

A second model (available under the Your Fire Impacts tab) shows the direction and extent of the predicted plume from a single burn. To use this model, select the county in which the burn is located, the number of acres to be burned, and the estimated fuel load (light, average, or heavy). An animated map displays the smoke plume and its movement over the following 48 hours. You can review the plume movement to determine whether it impacts metropolitan areas. The animated plume only shows the impacts of the local fire, not those of neighboring regions.

Forecast Discussion

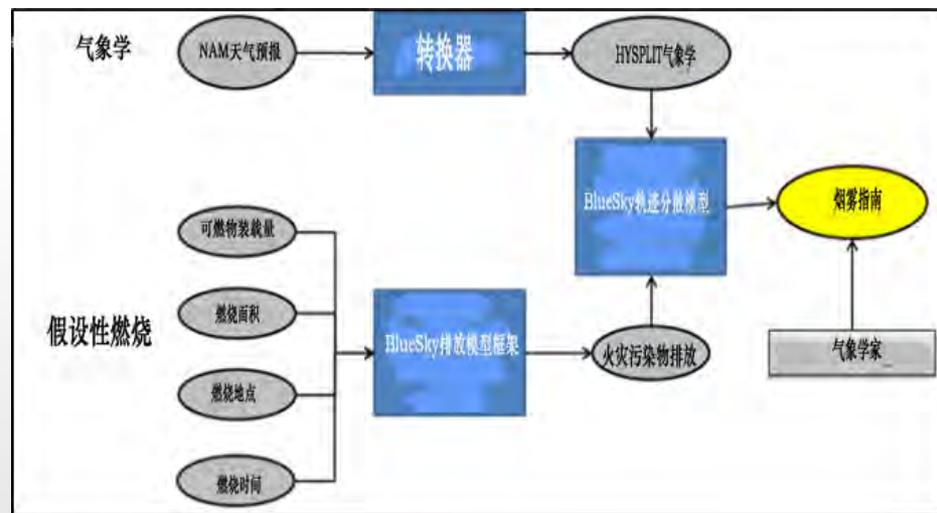
A discussion of weather conditions is also provided so you can further evaluate whether better days for burning lie ahead. When planning a prescribed burn it is important to consider the smoke plume models, local weather conditions, and factors that contribute to burning safely. Developing an effective burn plan will ensure that all relevant components are considered prior to burning.

Powered by Sonoma Technology, Inc.

In the NEWS | Contact Us | K-State Research and Extension | KDHE | EPA | NOAA | Notice of non-discrimination © 2015

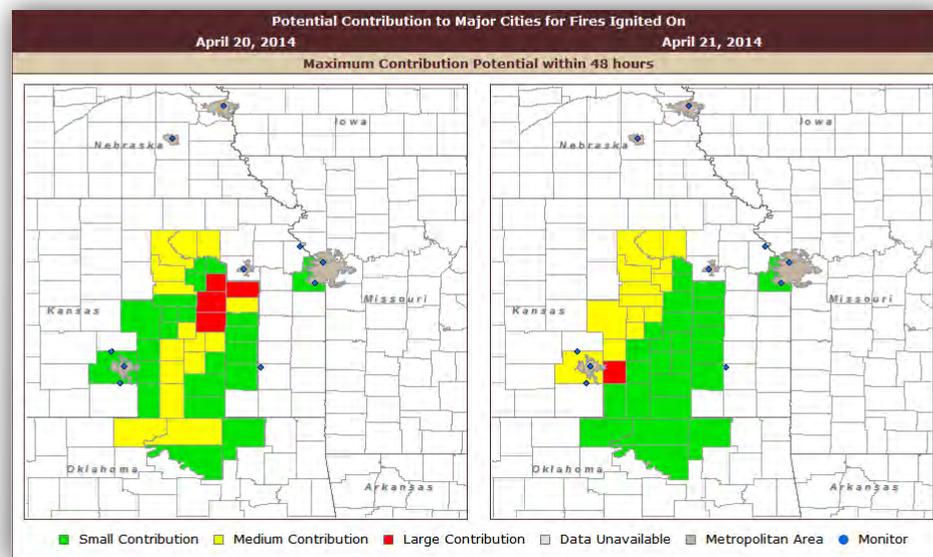
堪萨斯州卫生环境部烟雾管理计划 (2)

- 根据BlueSky模型及假定的燃烧活动计算出不同局部区域的相应排放程度
- 通过北美中尺度模式（NAM）预测，应用HYSPLIT4模型对燃烧排放扩散轨迹进行48小时模拟
- 空气质量和气象学家通过对当地的天气状况进行讨论，对以模型为基础的指南做出具体补充



堪萨斯州卫生环境部烟雾管理计划 (3)

- 通过预测评估是否某一特定局部区域的烟雾对周边城市地区可能造成严重影响，对局部区域进行红/黄/绿编码
- 用户可以自行选择某一子区域，确定其燃烧规模和可燃物负荷量，建立特定模型研究其燃烧活动对空气质量的影响



总结 (1)

- 秸秆燃烧释放出的颗粒物和污染气体将对空气质量造成影响
- 美国应用遥感信息和其他数据来源对农业燃烧活动及其污染排放进行量化评估
- 堪萨斯个案所描述的建模和分析技术可以用于预测秸秆燃烧对空气质量的影响，并为制定烟雾管理策略提供支持

总结 (2)

- 中分辨率成像光谱仪记录的燃烧数据能在全球范围内使用，在亚洲地区可用于秸秆燃烧分析
- 其他相关数据（如燃烧物负荷量、农作物分布图、天气预报等）还需要进一步评估和确定，以更有效地支持秸秆燃烧的影响分析

建议：系统规划

- 了解不同阶段的工作量需要：

燃烧排放计算：中等工作量（约3-6周）



空气质量建模分析：大工作量（约2-4个月）



减排决策系统开发：大工作量（约3-6个月）

建议： 优先策略

- 燃烧排放计算
 - 收集处理数据
 - 准备信息摘要和地图
- 空气质量建模分析
 - 建立模型
 - 评估模型性能
 - 分析模型结果
- 减排决策系统开发
 - 开发应用工具
 - 燃烧/无燃烧决策支持



联系人

柏松 博士

高级研究员
注册土木工程师

1-707-665-9900
sbai@sonomatech.com
sonomatech.com

A portrait of Dr. Ba Song, a man with short black hair, wearing a white collared shirt and a grey vest, smiling slightly. The background is a soft-focus green outdoor setting.

柏松 博士

高级空气质量研究员
美国索诺玛科技有限公司



Sonoma Technology, Inc.
Environmental Science and Innovative Solutions

sonomatech.com

@sonoma_tech