

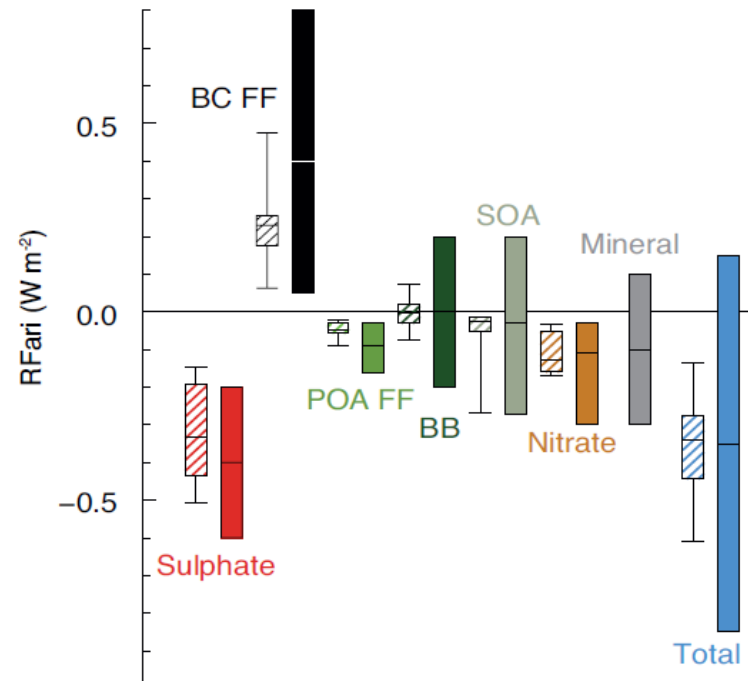
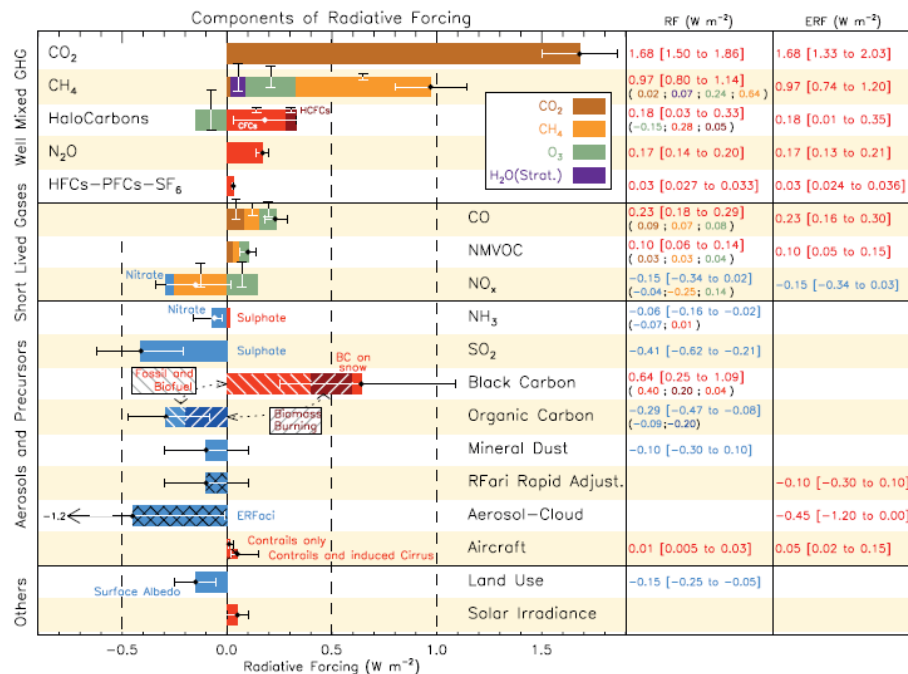
基于MODIS火辐射功率估算中国 露天生物质燃烧排放

宋宇 刘明旭 杜品 姚欢

北京大学环境科学与工程学院

2018.9

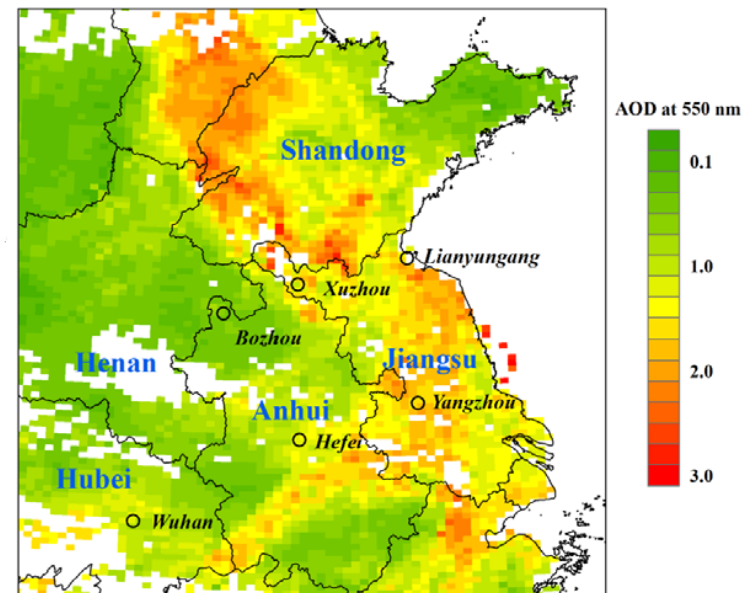




生物质燃烧排放扰动地球辐射平衡，影响气候变化
[IPCC5, 2015]



2012-06-10, 昏黄的南京玄武湖
[新华社照片]



2012-06-13, 卫星数据

生物质燃烧排放造成区域空气质量恶化

基于卫星过火面积产品估算排放量：

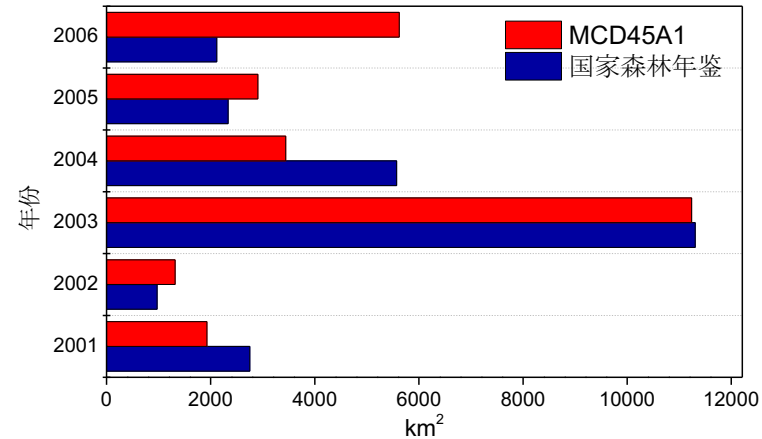
排放 = 过火面积 × 生物质密度 × 燃烧效率 × 排放因子

- 过火面积： 卫星探测（如MODIS系列MCD45A1， MCD464A1）
- 生物质密度： 文献报道（作物类型和地区特异性）
- 燃烧效率： 取决于作物含水量， 网格覆盖比例等

涉及参数过多， 影响因子复杂。

01 研究背景

◆ MODIS传感器探测的过火面积与森林调查的数据具有很好的
一致性（Song Y. et al., 2009, GBC）。



◆ 卫星过火面积的方法 vs. 基于年鉴统计数据 估算中国农业秸秆燃烧排放

Table 7b. Comparison of Our Estimations by Using L3JRC Product With Several Other Published Estimations of Open Fire-Related Emissions in China: Crop Residue Burning in the Fields^a

	CO ₂	CO	CH ₄	NMVOC	NO _x	NH ₃	SO ₂	PM _{2.5}	BC	OC
<i>Yan et al.</i> [2006] ^b	185	11.2	0.3	1.9	0.5	0.2	0.05	0.5	0.08	0.4
This study ^c	1.84	0.15	0.005	0.02	0.004	0.003	0.001	0.007	0.001	0.003

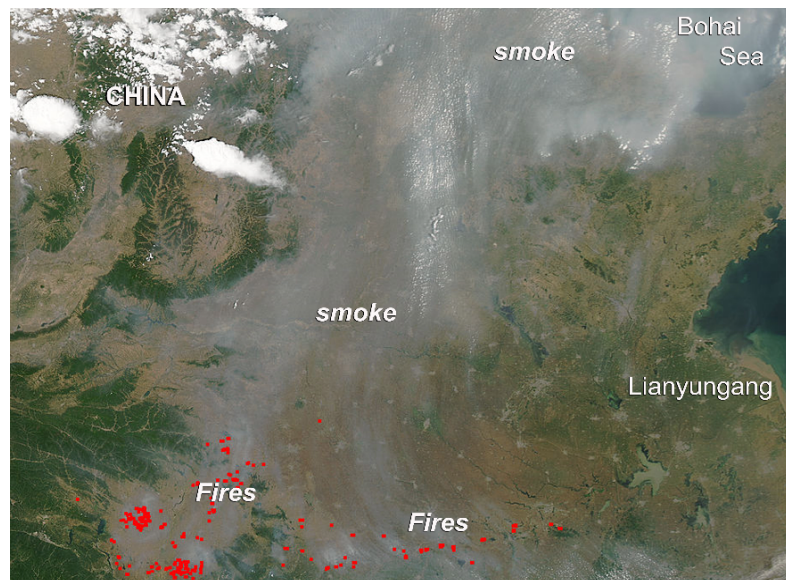
^aUnits are Tg a⁻¹.

^bCalendar year 2000 estimated by *Yan et al.* [2006].

^cFire year 2000 (April 2000 to March 2001) estimated in this study.

基于过火面积的方法适合于估算森林大火排放，但对农田小火存在较大低估

01 研究背景



- ✓ 田间小火：燃烧快、面积小（中国特色）
- ✓ 静止卫星时间分辨率高、空间分辨率低
- ✓ 极轨卫星空间分辨率高、时间分辨率低

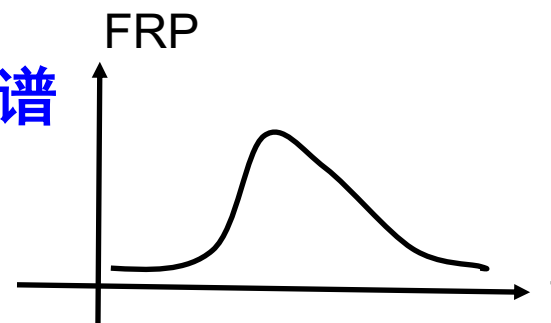
如何利用卫星产品准确估算农业小火排放？

02 估算方法建立

$$E = FRE \times CE \quad [\text{Wooster, 2002, GRL}]$$

静止卫星可获取火点燃烧的辐射功率谱
得到燃烧释放总辐射能：

$$FRE = \int FRP = \int_0^{24} FRP_{peak} \left(b + e^{-\frac{(t-h)^2}{2\sigma^2}} \right) dt$$



- 1) FRP谱分布依赖于b, σ , h的大小；
- 2) b, σ , h的值是Terra、Aqua比值的函数 (Vermot, et al., 2009)

02 农田秸秆燃烧排放估算方法

- 基于Fire Radiative Power (FRP) 方法，从卫星数据中反演得到[Liu et al., 2015]

- 时空分辨率：1km×1km, daily

- 本地化的排放因子 $BC/OC = 0.27$

在中国东部冬小麦秸秆燃烧排放的观测范围内 0.20–0.32 [Li et al., 2014; Yamaji et al., 2010; Yang et al., 2008]

基于MODIS火点产品MOD14/MYD14



释放辐射功率 fire radiative power (FRP)



$$FRE = \int FRP = \int_0^{24} FRP_{peak} (b + e^{-\frac{(t-h)^2}{2\sigma^2}}) dt$$



Wooster et al. (2005) :
生物质燃烧量 = FRE × 比例系数

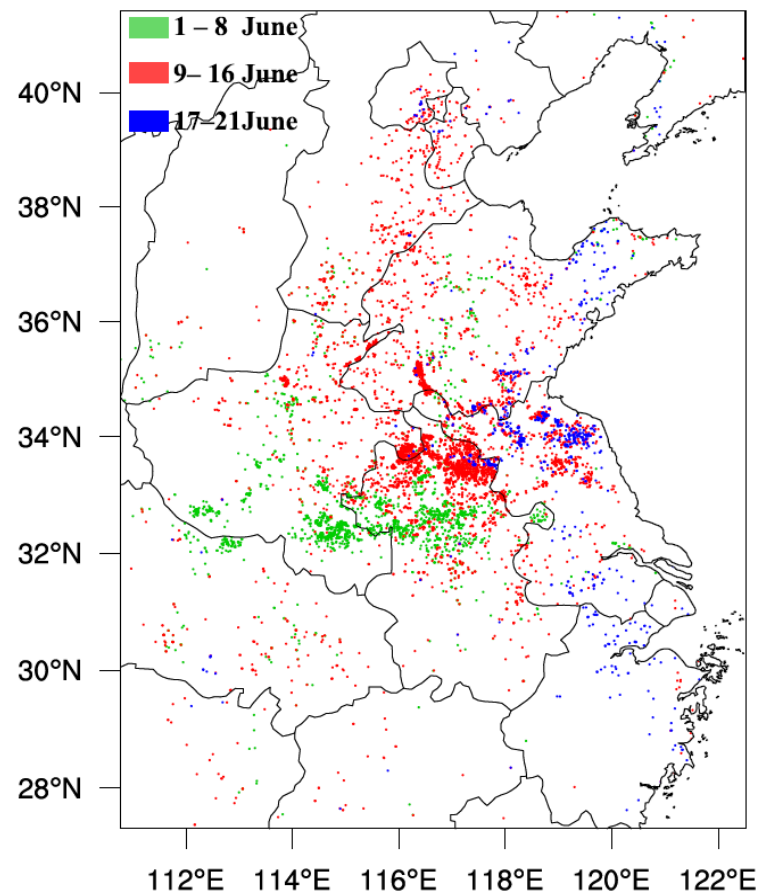
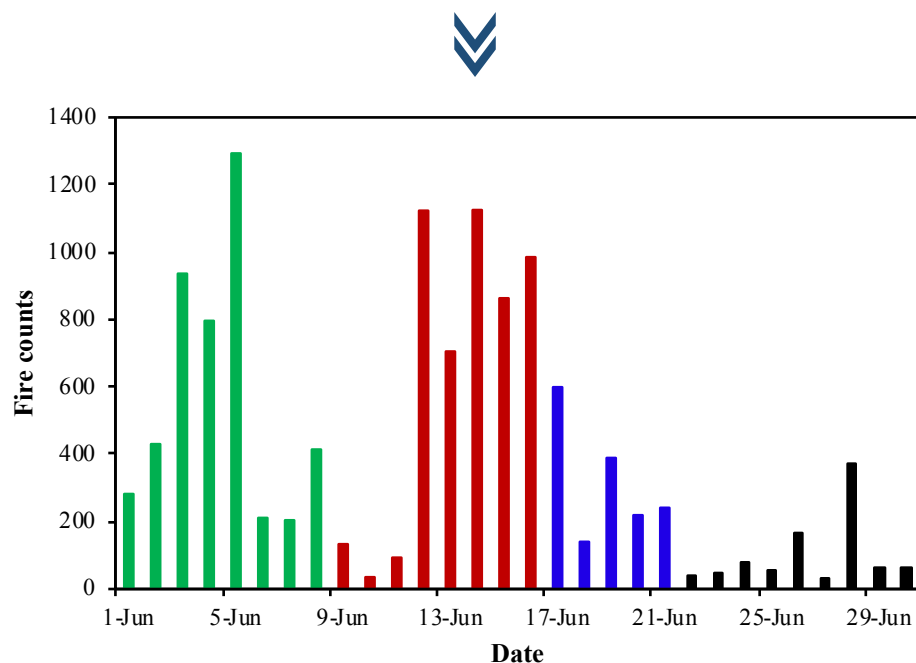


排放量 = 秸秆燃烧量 × 各污染物排放因子



03 中国东部农田秸秆燃烧排放估算

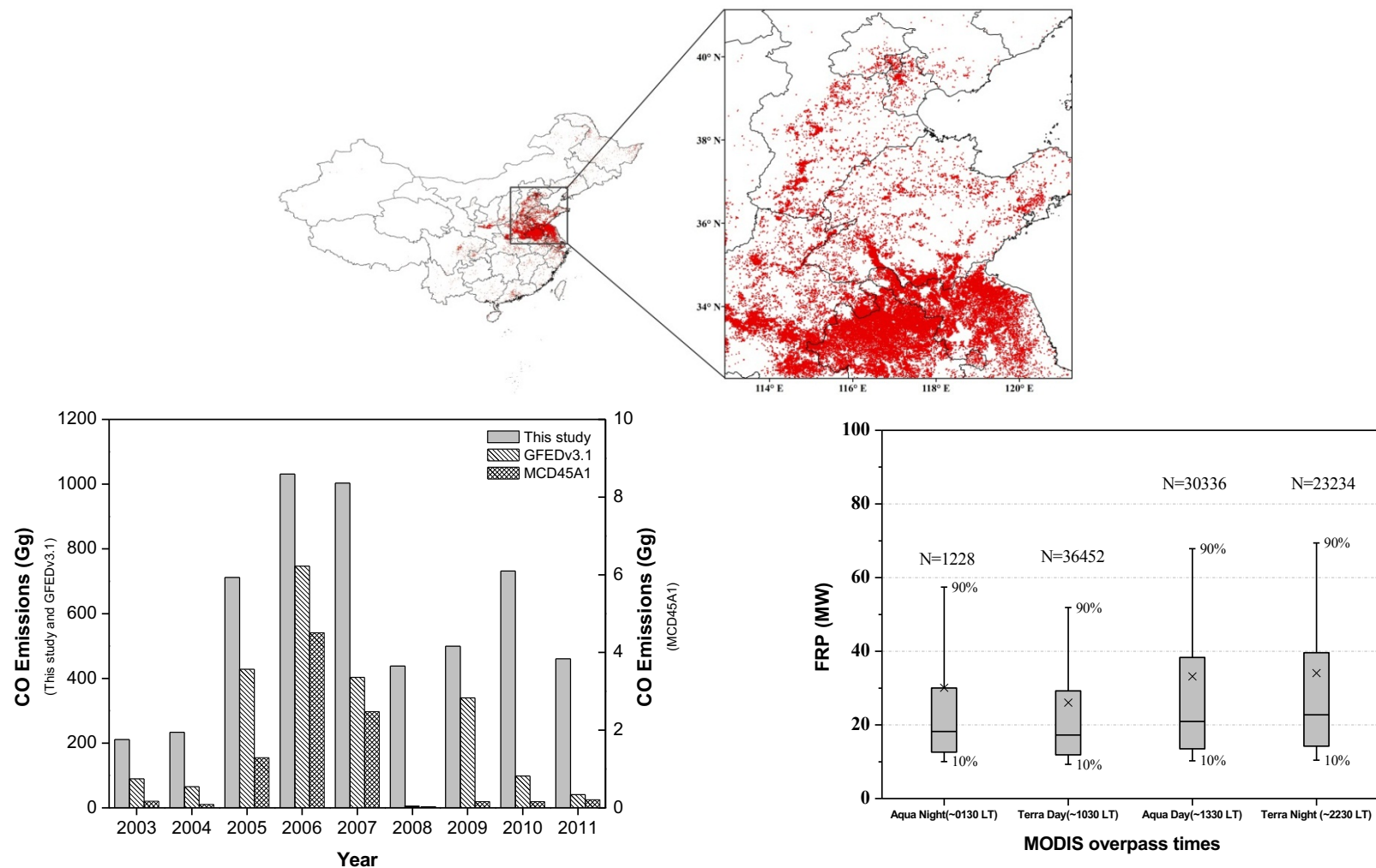
- 秸秆集中燃烧区域有自西向东、自南向北趋势
- 集中的收获时段为 6月1日-21日



收割季节：由南到北



03 中国东部农田秸秆燃烧排放估算



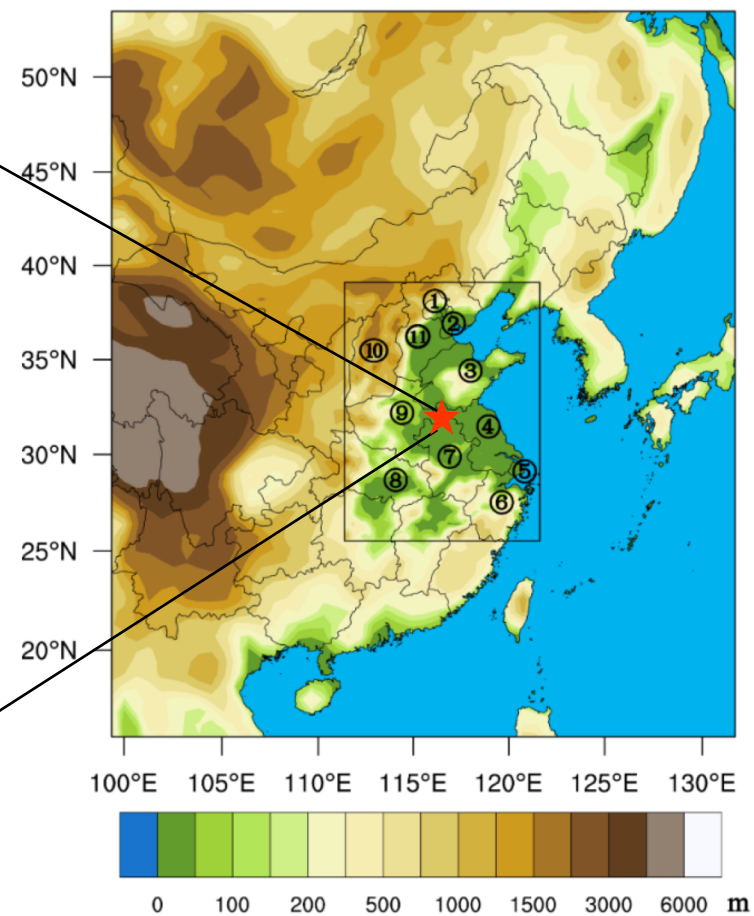
大于过火面积产品结果，火点在夜间仍较多

03 中国东部农田秸秆燃烧排放估算

农产区实地观测

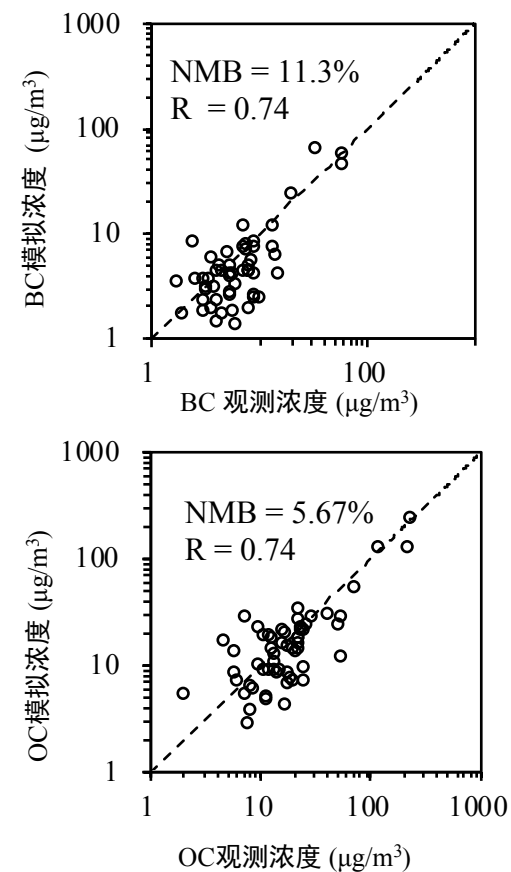
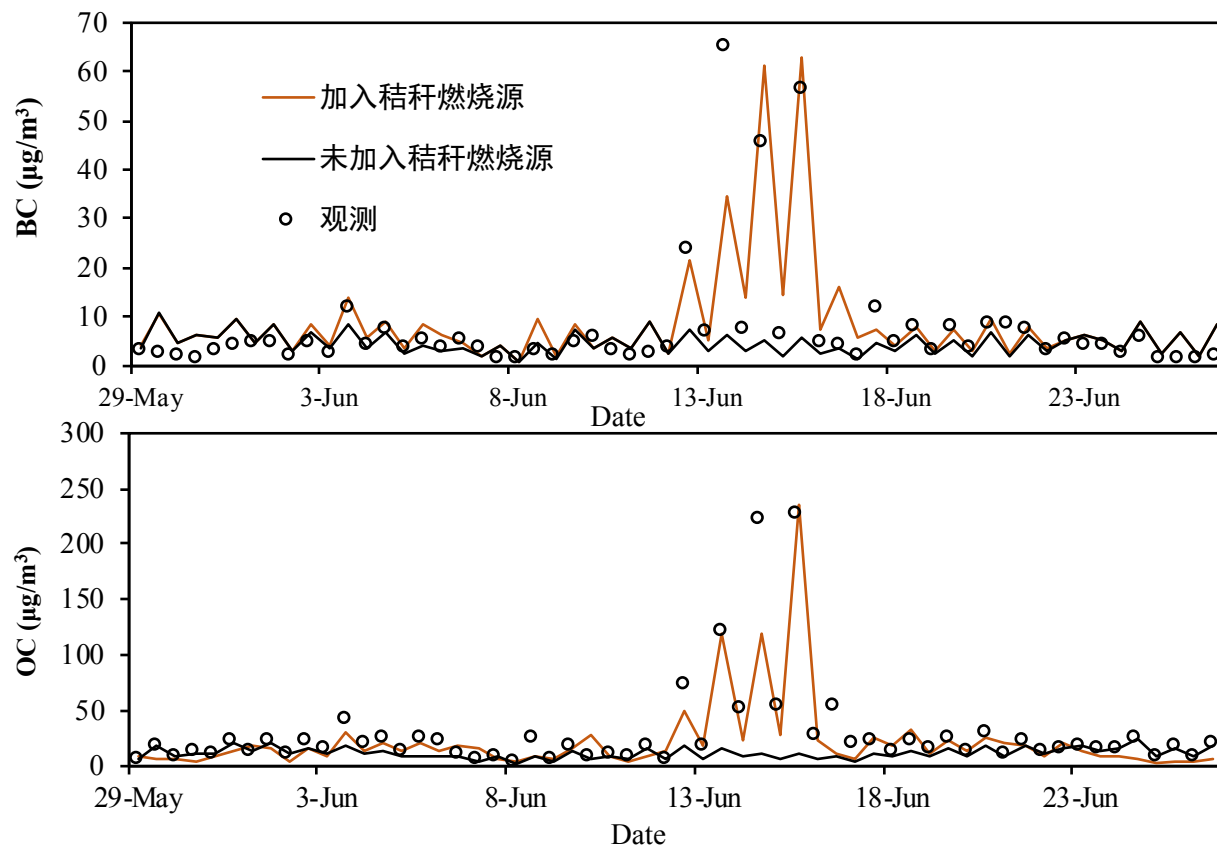


WRF-Chem 模拟



安徽濉溪 ($33^{\circ} 54' 37''$ N, $116^{\circ} 45' 46''$ E) , 2013年6月

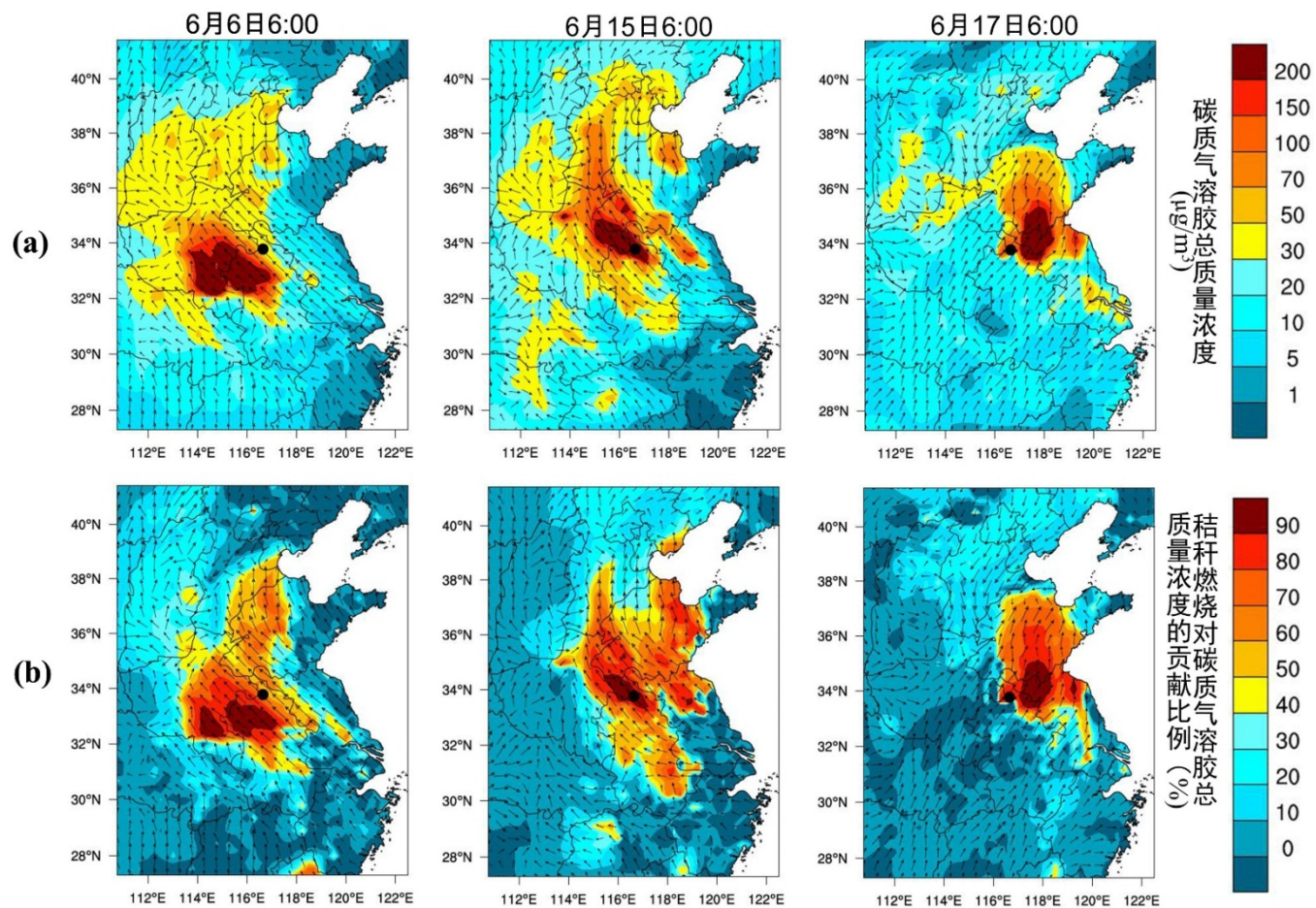
03 中国东部农田秸秆燃烧排放估算



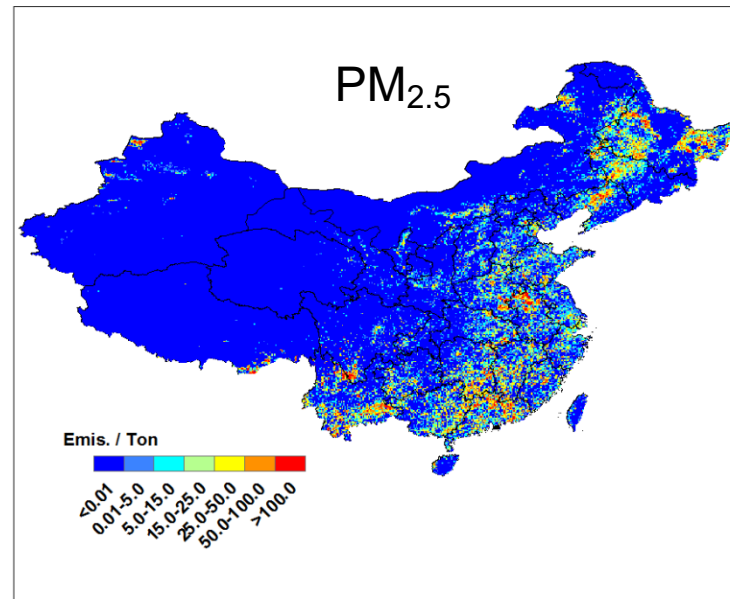
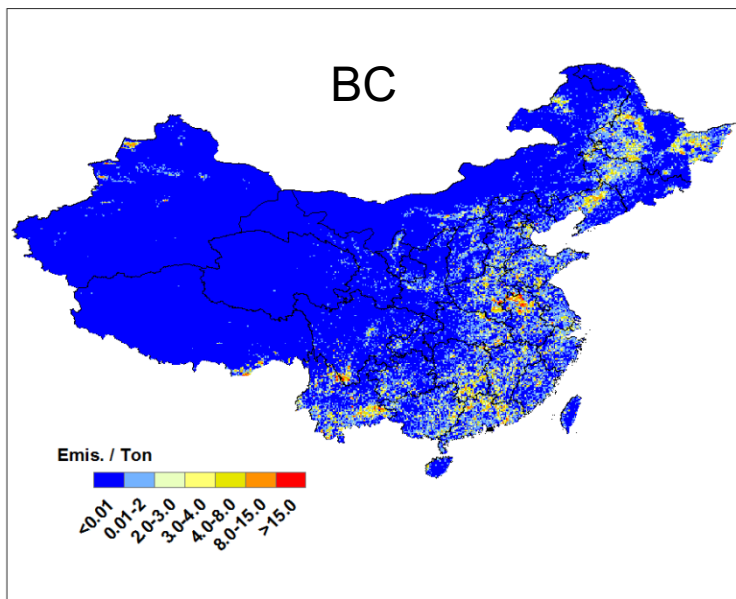
加入农田秸秆燃烧清单，显著改善模拟效果，证明清单可靠性

03 中国东部农田秸秆燃烧排放估算

- 对区域空气质量的影响



04 中国露天生物质燃烧排放清单



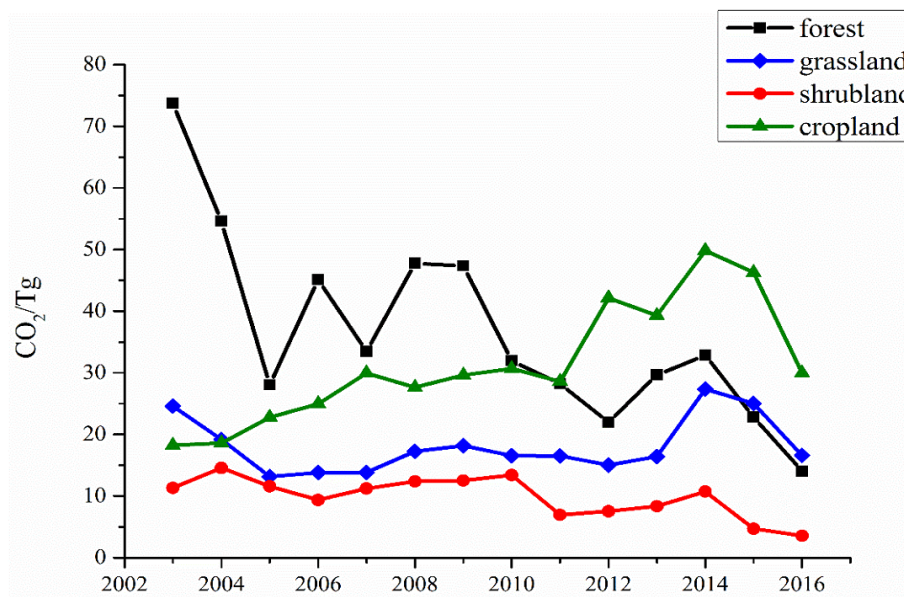
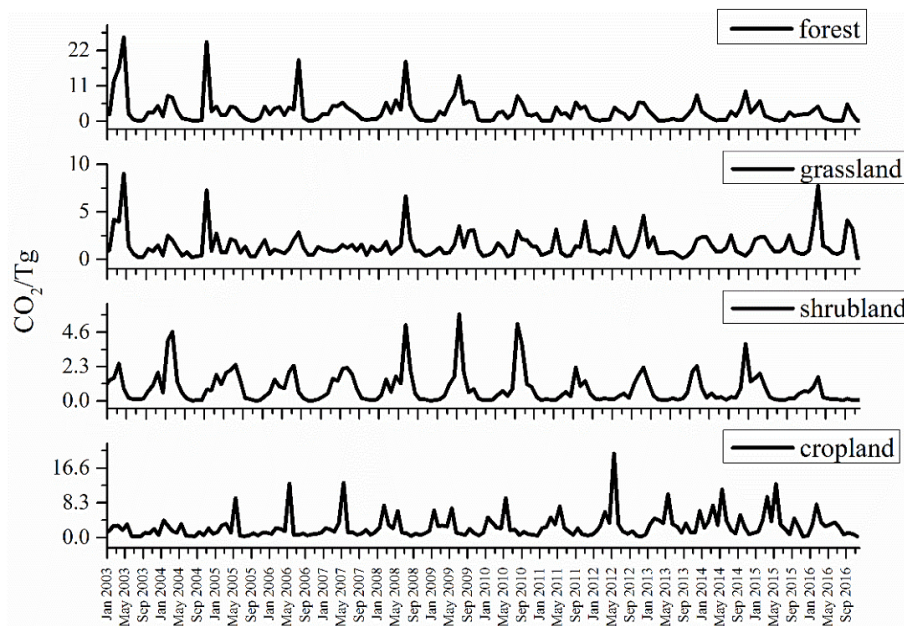
2015年中国露天生物质燃烧排放清单 (0.1°×0.1°)

Units: Gg / yr

CO ₂	CO	CH ₄	VOC	NO _x	NH ₃	SO ₂	BC	OC	PM _{2.5}
120776.7	6319.4	247.9	584.2	254.9	84.5	34.9	44.2	355.2	537.7

04 中国露天生物质燃烧排放清单

2003—2016 月际变化（左图）和年变化（右图）

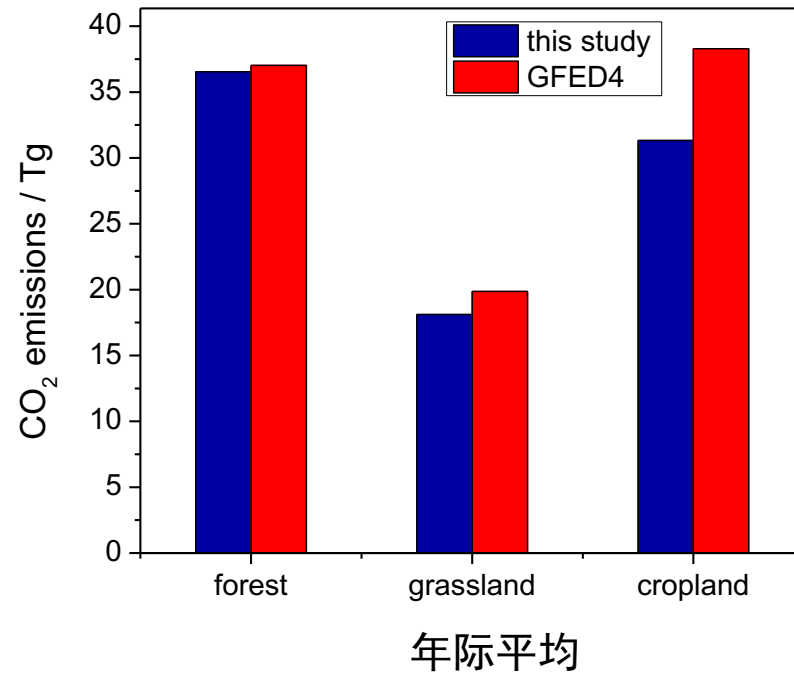
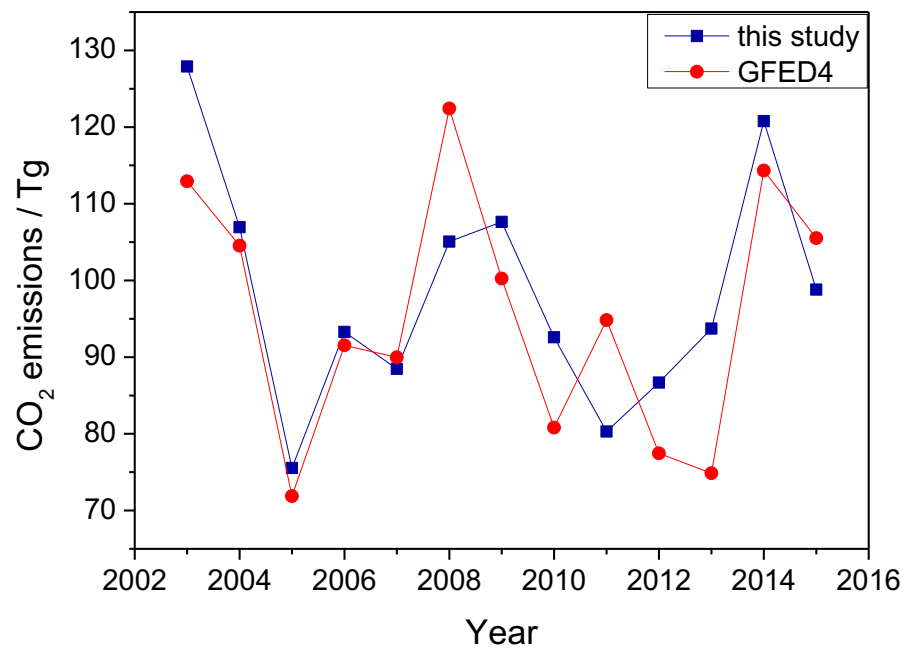


森林火灾排放显著降低，农业秸秆燃烧贡献最大



04 中国露天生物质燃烧排放清单

本研究与GFEDV4.1数据库的比较



- 卫星火辐射功率谱函数可改进小火的排放估算
- 清单可应用于研究区域空气质量和辐射影响
- 多卫星对小火探测的集成将有助于提高估算的可靠性

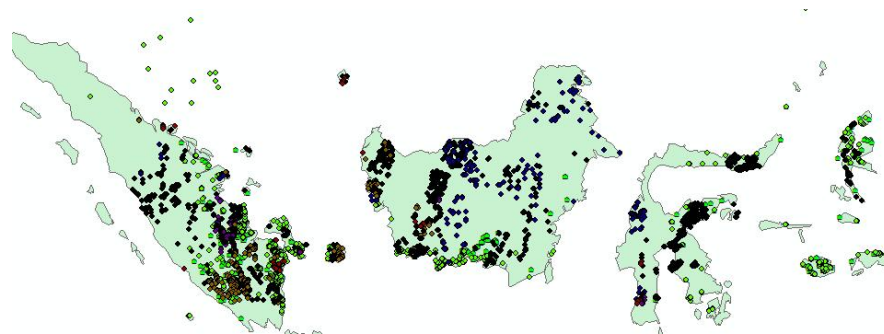
Himawari-8



时间分辨率高（10min），空间分辨率较上一代静止卫星有较大幅度提升（2km）。



印度尼西亚苏门答腊岛森林火灾



MODIS 火点产品: ●
Himawari-8反演火点: 其他

利用高时间分辨率同步卫星实现对生物质燃烧的连续观测，通过反演进一步得到**FRP**的时间谱分布函数

谢谢！



北京大学环境科学与工程学院
College of Environmental Sciences and Engineering

