大气所在热带森林旋翼型无人机大气化学采样技术优化研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/14169.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

大气化学成分在热带雨林生态系统功能和气候变化中发挥重要作用。通常情况下，热带雨林生态系统由百米水平尺度的空间异质性景观构成，包含高地、山丘、谷底等，不同森林地貌可能导致不同植被种类分布，从而造成大气化学成分在树冠层上的非均一分布。考虑现有地基通量塔、雷达、飞机航测、卫星遥感等探测技术在热带雨林百米水平尺度上外场探测的局限性，旋翼型无人机（Unmanned Aerial Vehicles,
UAVs）成为一种可有效捕集百米尺度大气化学成分分布的新兴手段。

在中国科学院大气物理研究所研究员辛金元课题组和哈佛大学教授Scot T.
Martin课题组的合作支持下，大气所博士马永敬使用大涡模型DALES（Dutch Atmospheric Large-Eddy
Simulation），模拟分析了亚马孙热带森林晴朗天气条件下不同寿命化学成分（短寿命成分10^2 s到长寿命成分10^8 s）时空分布特征。结果表明，受化学反应影响，短寿命和中等寿命成分浓度随海拔高度显著下降（图1d，1e）。因此，对于短寿命和中等寿命成分建议在森林冠层附近采样。这一建议适用于干沉降较弱的成分。对于干沉降较强的成分，其许多复杂的情况可能取决于排放速率、风速和上风向排放的局地异质性等因素，未来需要进行更系统的探索研究。对于异质排放景观的采样，混合高度随下垫面异质性尺度的增加而增加（图2），这种关系直接影响最高建议采样高度，其上限为行星边界层高度。例如，亚马孙热带雨林典型的森林异质性尺度为200 m，模拟混合高度为210 m；当异质性尺度增加一倍，即达到400 m时，混合高度增加到700 m。在混合高度以下，无人机采样高度越高、水平风速越快、物质化学寿命越长，逆风森林排放的影响长度越长、水平位移越大（图4）。例如，在50米高度采样时，水平位移为70米，63%影响长度为540米；当采样高度上升到200米时，水平位移为300米，63%影响长度为1740米。对于长寿命成分，如果其排放速率较高，足以干扰近森林冠层浓度，建议采用与短寿命和中等寿命成分类似的采样策略；如果排放速率较低，通量塔的近森林冠层采样结果即可具有很好的区域代表性。 湍流分析结果揭示了足够采样时间的重要性，特别是对于短寿命和中等寿命成分（图3）。较长的采样时间可抵消掉大气湍流脉动对无人机在特定时空点悬停采样的干扰。模拟结果显示，对于短寿命和中等寿命物质，采样时间分别设定10分钟和5分钟为最佳。当然，该建议同样需要考虑物种浓度和仪器采样灵敏度的影响。例如，短寿命物质一般具有较低的浓度，因此可能需要较长的采样时间，如＞10分钟。而在一天或不同季节，采样时间也应根据大气湍流的强度进行调整。 该研究为热带森林晴朗天气条件下无人机采样策略制订提供了有效参考，研究方法可扩展到其他生态系统（如寒带针叶林、温带森林）与城镇地区无人机探测技术研究。 论文链接

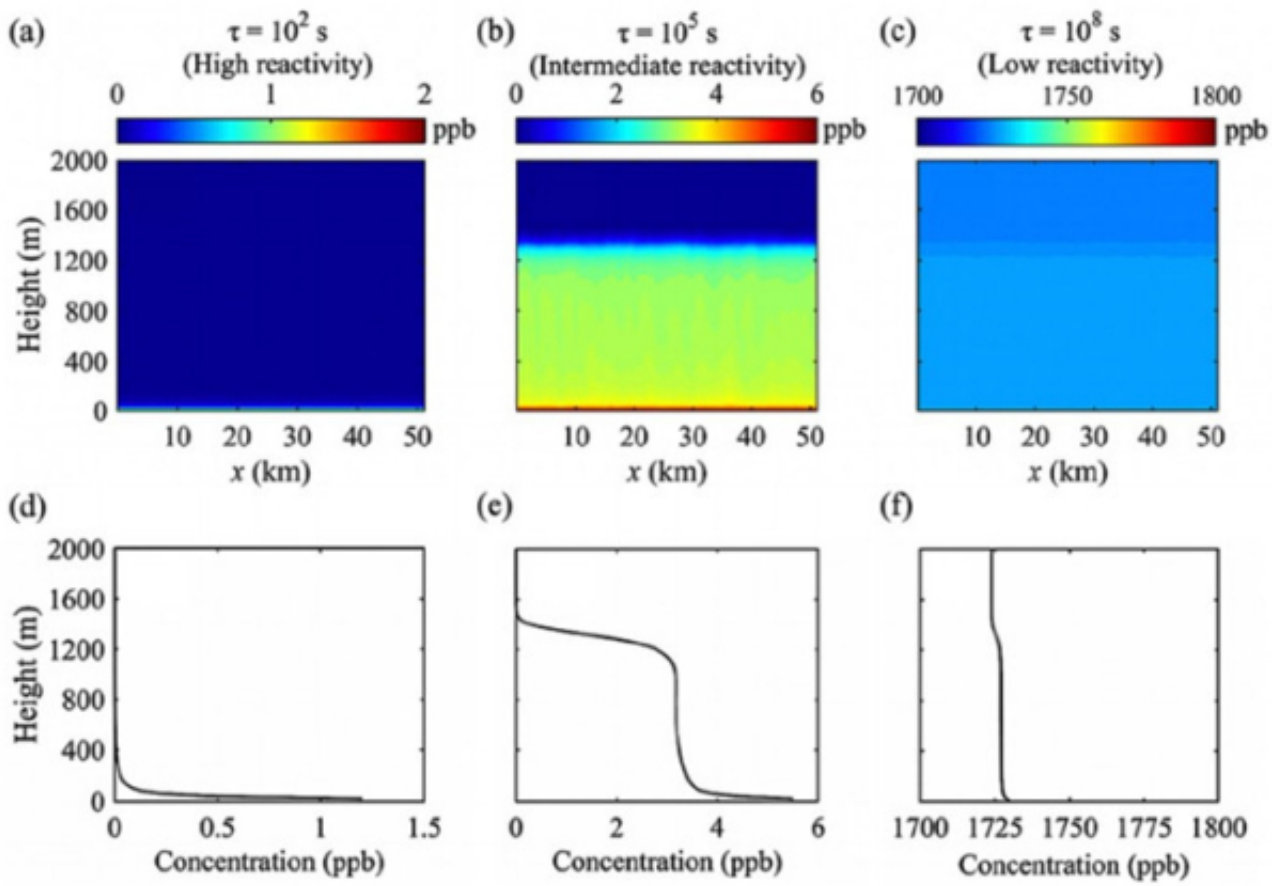


图1.化学寿命为（a）10^2 s（短寿命），（b）10^5 s（中等寿命），（c）10^8 s（长寿命）物质浓度空间分布。（d）、（e）和（f）为每种成分水平平均浓度的垂直廓线。该结果为均质排放0.5 ppb m s^{-1}场景模拟设定，对应1.2×10^{10} mol m^{-2} s^{-1} [Gu et al., 2017]

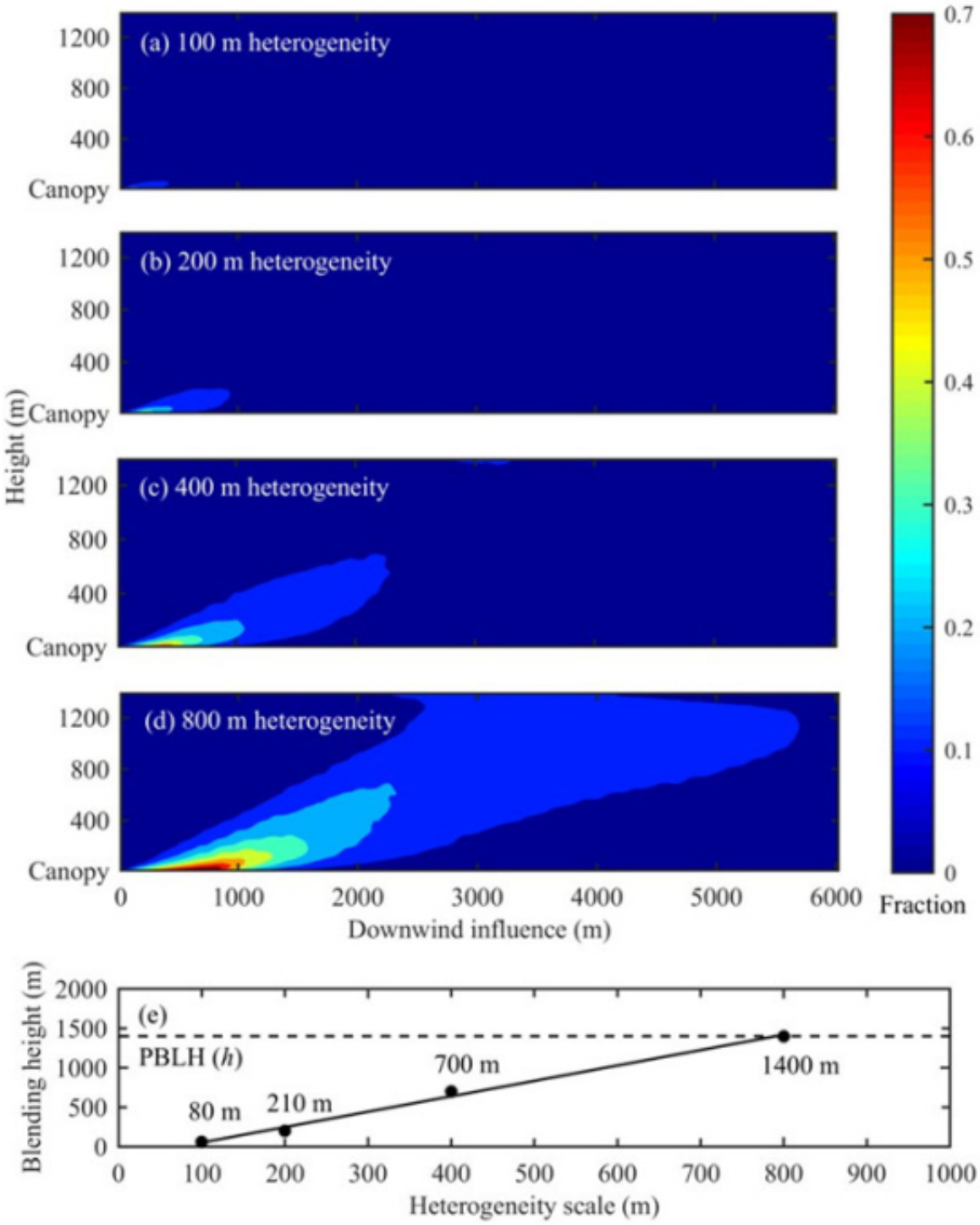


图2.点源模型模拟单一下垫面排放对大气总浓度的贡献。（a）-（d）代表不同尺度下垫面的异质性:（a）100 m、（b）200 m、（c）400 m和（d）800 m。（e）为混合高度（y）与下垫面异质性尺度（x）的关系。虚线表示大气边界层高度（PBLH, h）。图中物质的化学寿命为10^3 s

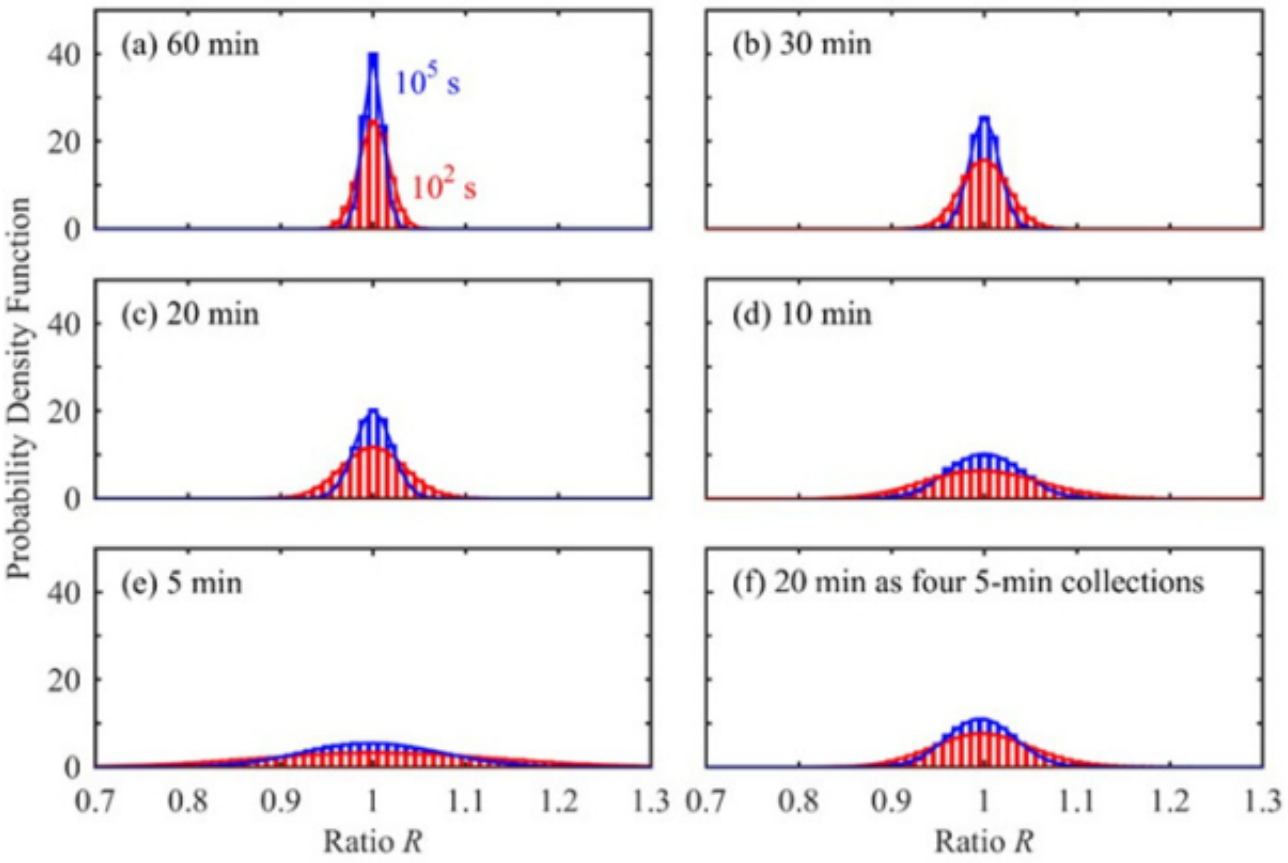


图3.均质模拟区域任意相距1000米的两点近地面浓度比值R的概率密度函数。图中红色代表短寿命物质（$\tau = 10^2$ s），蓝色代表中等寿命物质（$\tau = 10^5$ s）。（a）-（f）分别对应60 min，30 min，20 min，10 min，5 min和20 min（随机挑选4个5分钟采样）。实线代表高斯拟合

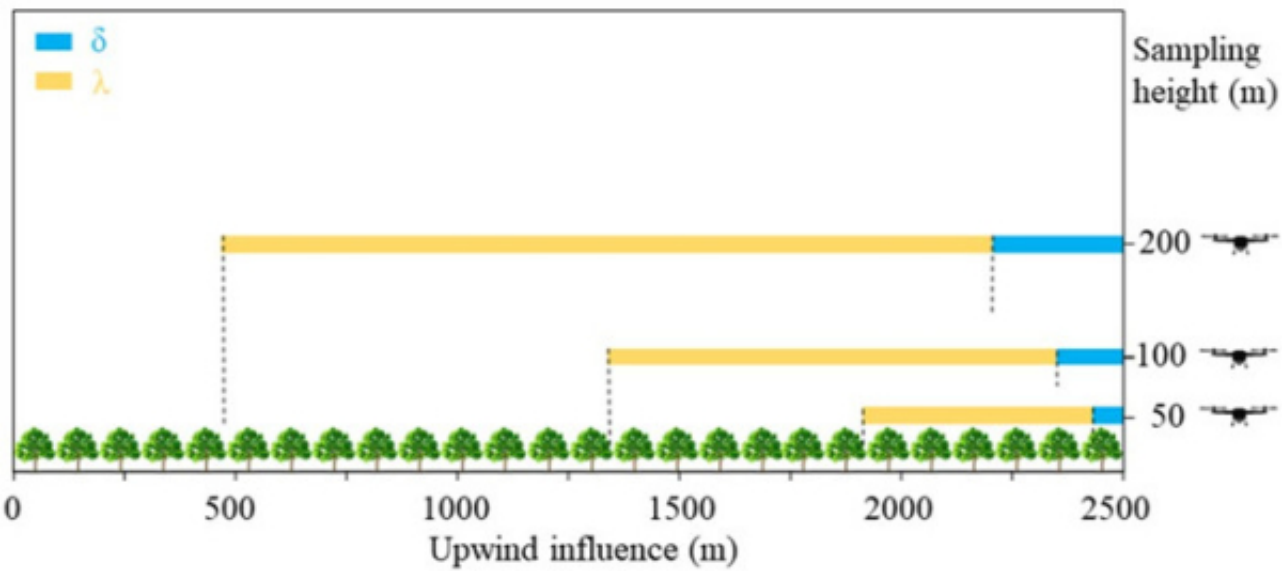


图4.受体模型表征影响长度λ（黄色条：表示无人机采样浓度贡献0-63%的上风向区域）和水平位移δ（蓝色条：表示与水平平流相关的零影响区）与无人机不同采样高度的关系。森林树冠层高度为30米。图中以化学寿命为10^3 s的物种为例

研究团队单位：大气物理研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发