



The 17th US-China Carbon Consortium Annual Meeting



温带森林年龄控制下的反照率变化及其对全球 增温潜力的影响

报告人：朱青松

北京师范大学
全球变化与地球系统科学研究院
qingsong@mail.bnu.edu.cn

2021/7/31 | 重庆

汇报提纲

1. 研究背景与方法

2. 反照率的短期变化模式

3. 反照率的多年变化模式

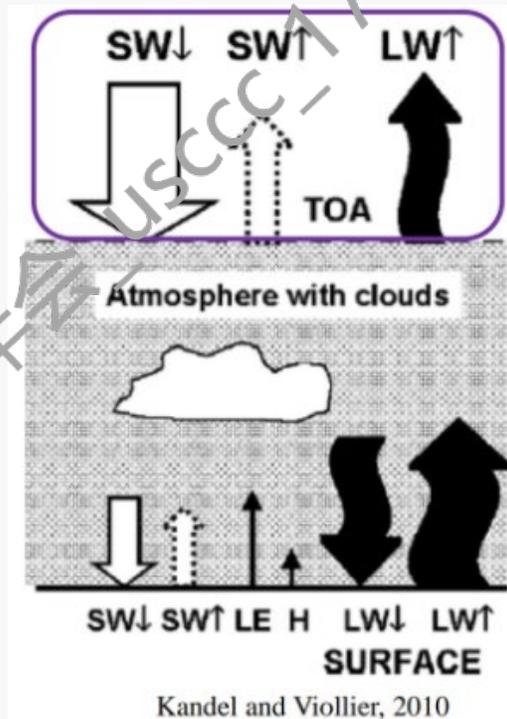
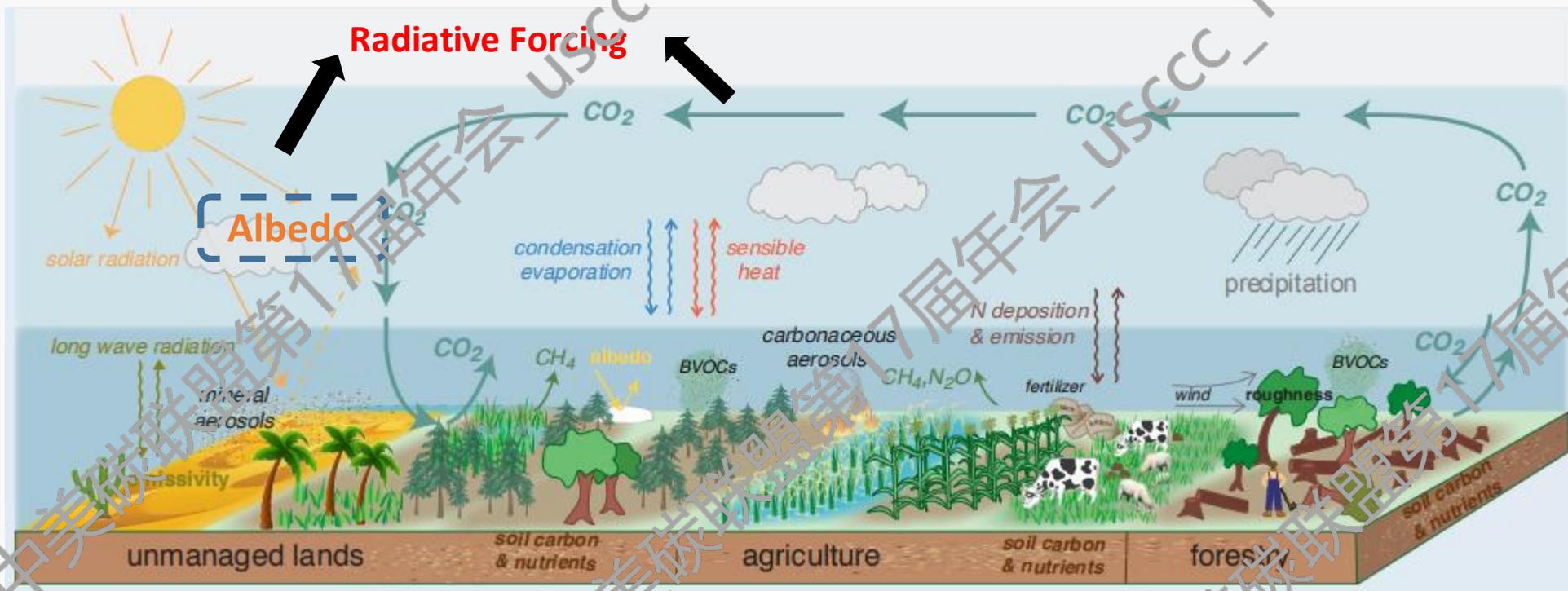
4. 反照率引起的全球增温潜力

5. 结论与展望

研究背景

森林参与气候变化的碳循环过程：光合作用，呼吸作用，其他温室气体排放...

森林参与气候变化的能量平衡过程：反射太阳辐射，净辐射的再分配...



辐射强迫：在地球气候系统辐射能量收支平衡中外部强加的扰动。这种扰动可由辐射活性气体浓度和太阳入射辐射的变化或影响地表吸收辐射能量的其它变化。

温室气体 (GHG) 排放 → 辐射强迫 ← 反照率变化

研究背景

问题：反照率的长时序变化对气候变化的影响如何？

GWP (Global Warming Potential) IPCC (1990, 1992)：将瞬态释放1公斤的某种温室气体，其辐射强迫的时间积分量与瞬态释放1公斤二氧化碳所产生的相应量之比值。

$$GWP_x = \frac{\int_0^{TH} RF_x(t) dt}{\int_0^{TH} RF_r(t) dt} = \frac{\int_0^{TH} a_x[x(t)] dt}{\int_0^{TH} a_r[r(t)] dt}$$

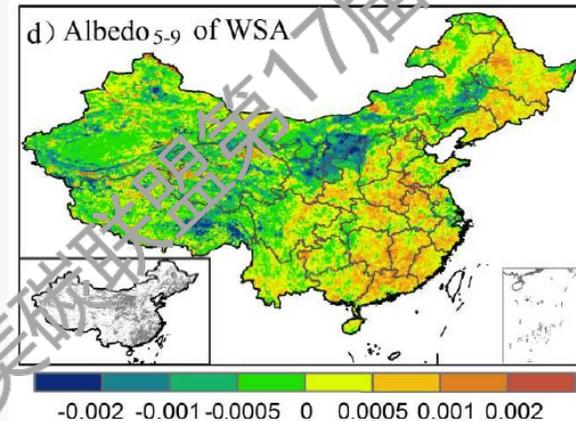
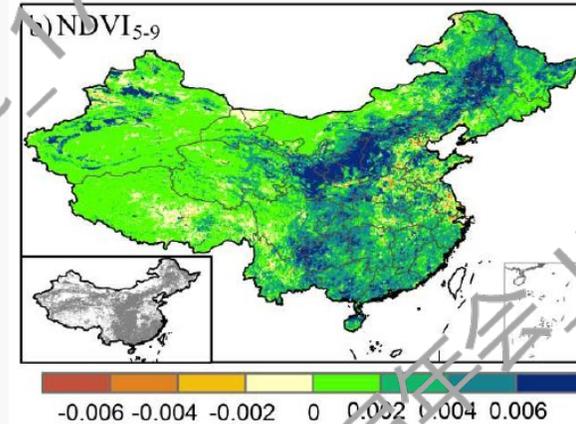
脉冲函数

$$RF_{\Delta\alpha}(t) = \frac{1}{12} \sum_{m=1}^{12} -SW_{\downarrow, m, t}^{sfc} \tau_{m, t} \Delta\alpha_{m, t},$$

$$GWP_{\Delta\alpha}(TH) = \frac{\sum_0^{t=TH} RF_{\Delta\alpha}(t)}{AEk_{CO_2} \sum_0^{t=TH} y_{CO_2}(t)},$$

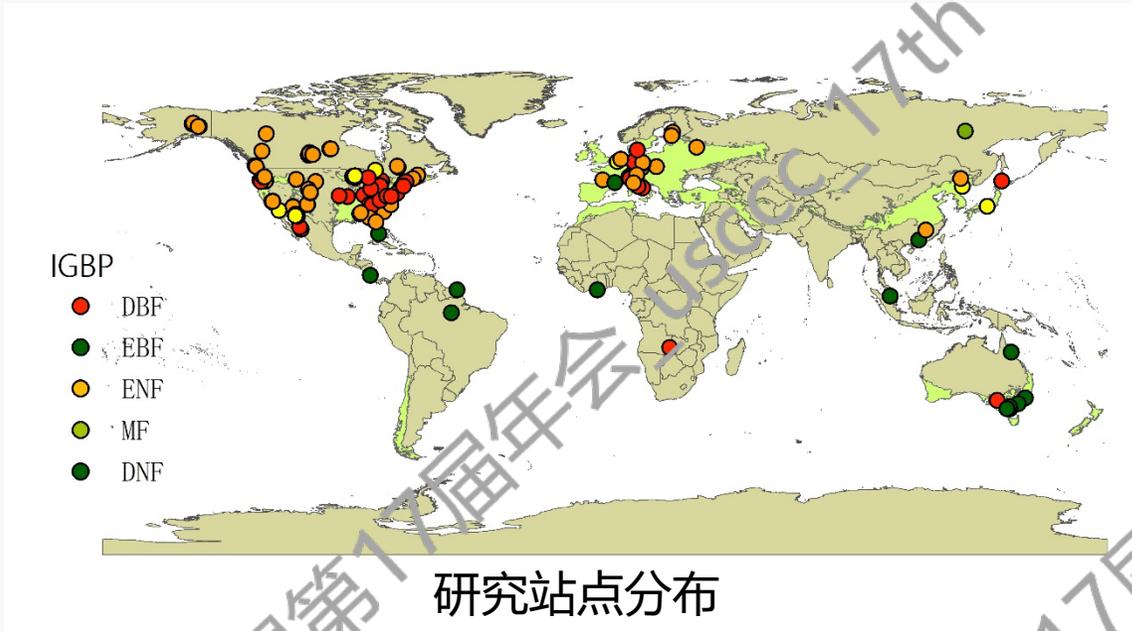
Bright (2016, 2020)

《巴黎协定》提出通过森林的长期投资管理达到降低CO2增长率或降低大气顶部辐射不平衡。（第5条）

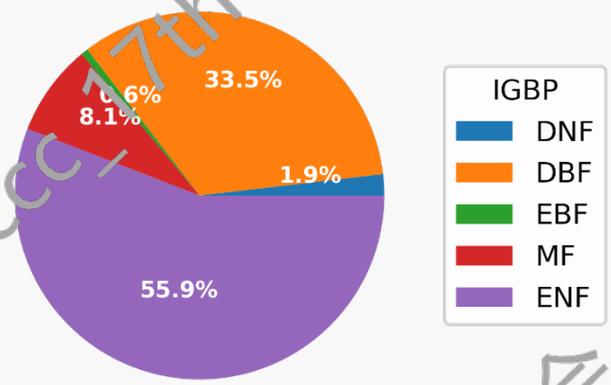


中国主要森林变绿增加了地表反照率？
(Yan et al., 2021)

站点分布与数据处理



Proportion of forest types

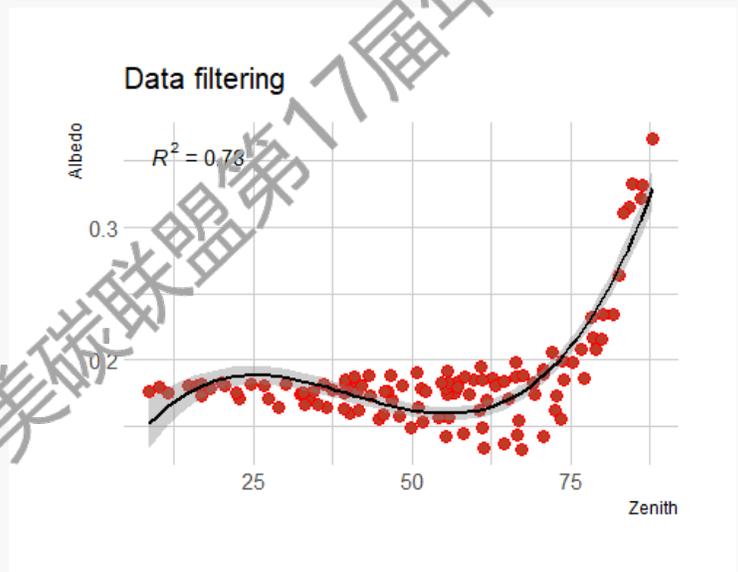


Albedo = SW_OUT/SW_IN (通过天顶角修正)

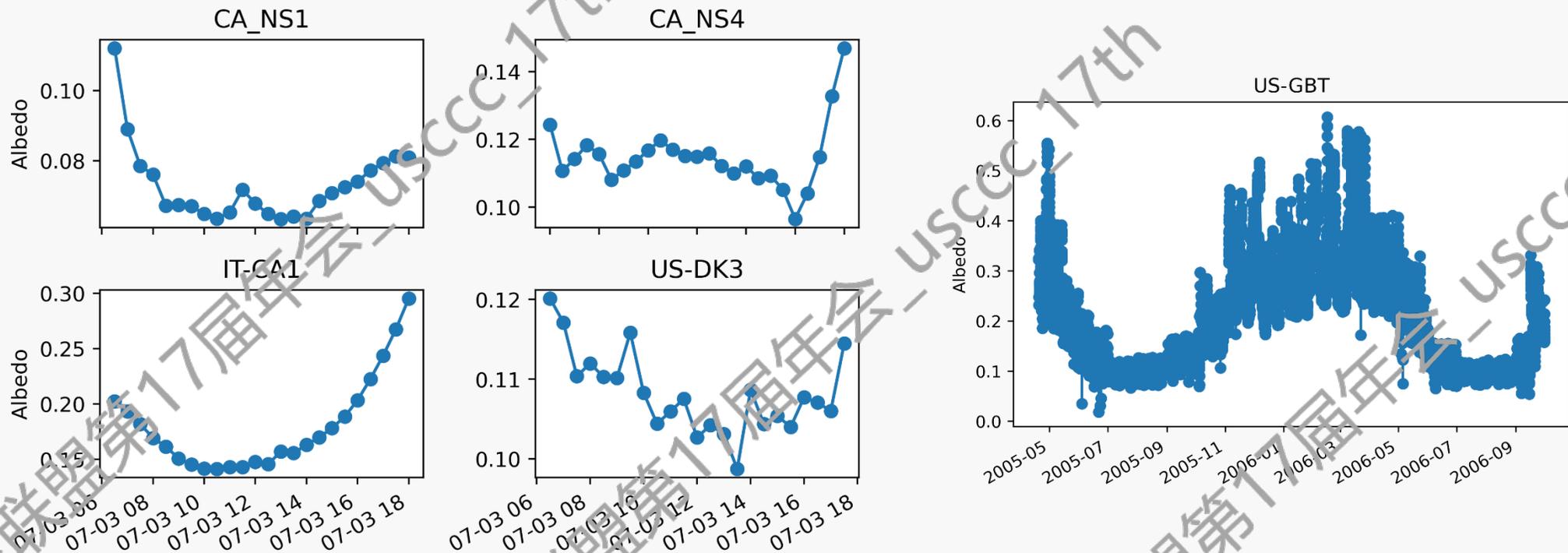
NEP = FC+SC

林龄：自森林建立以来的时间或自最后一次林分替代干扰发生以来的时间 (砍伐, 轮作, 火灾, 风暴.....)

其他数据(下行透射率等)：来自站点观测



反照率的短期变化

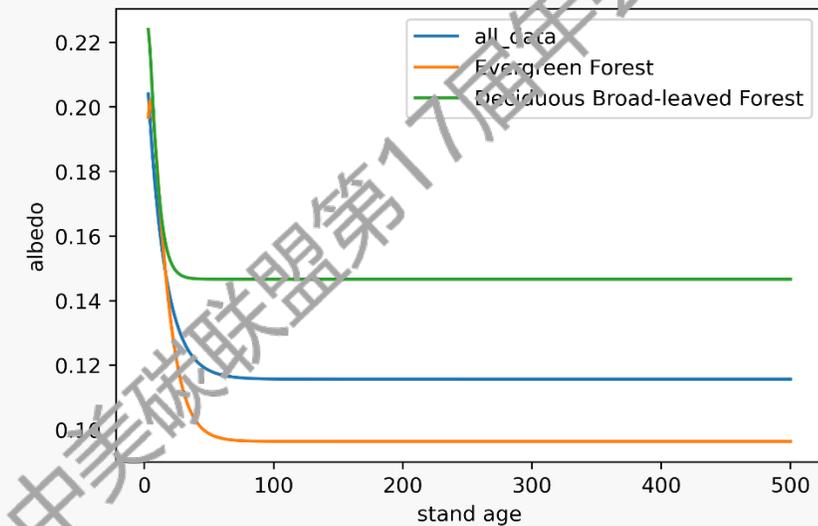
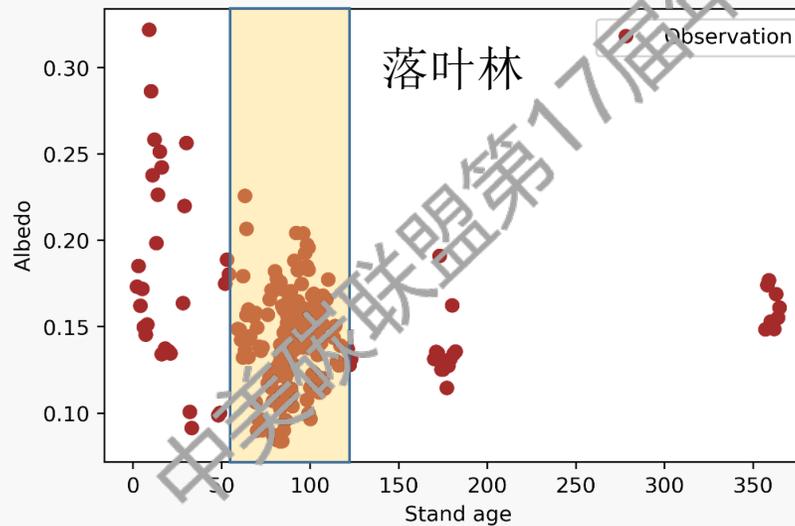
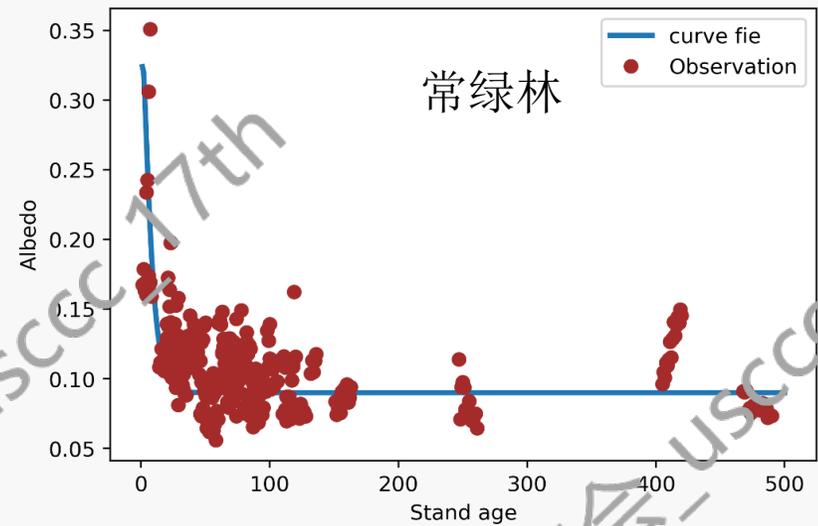
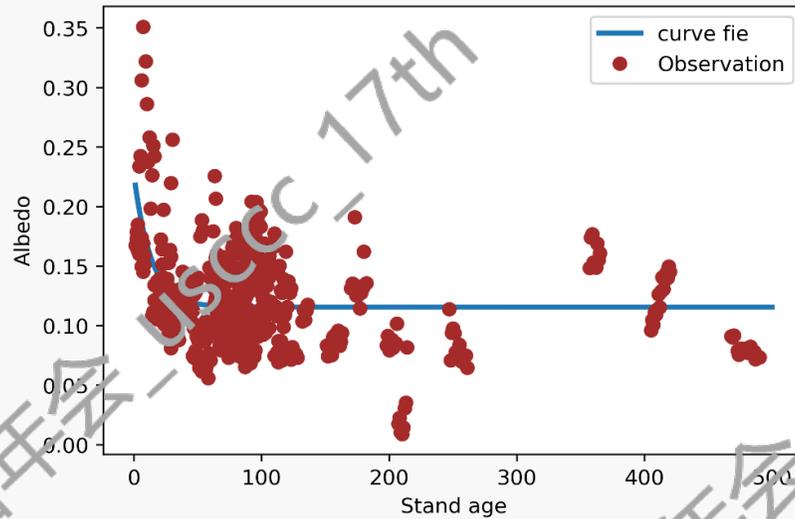


反照率具有相似的日变化和季节变化模式，然而站点间存在非常大的差异

假设：长时间尺度上，反照率及其增温潜势受年龄控制，并受到不同扰动的影响

反照率的时间变化模式

- 落叶林反照率对降雪的敏感性更大
- 落叶林落叶后林下植被和土壤影响反照率

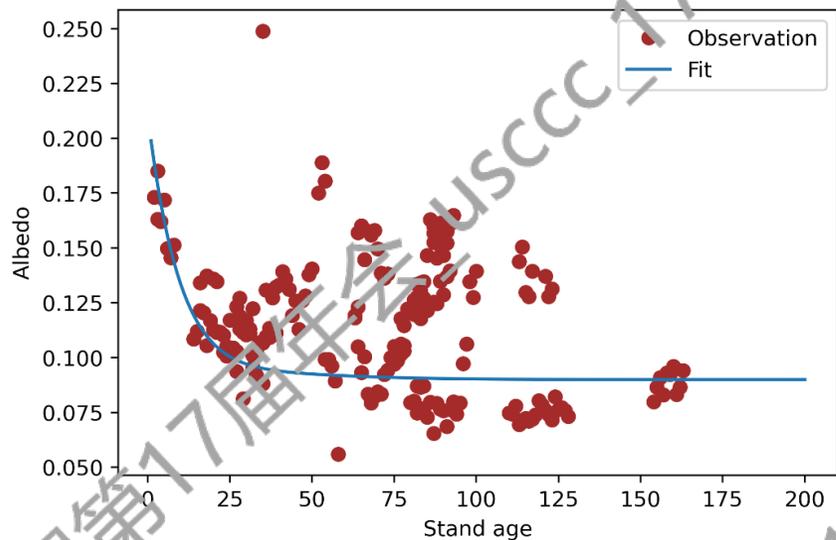


反照率随着年龄变化的模式，近似呈指数下降，在不同的森林类型间存在显著差异

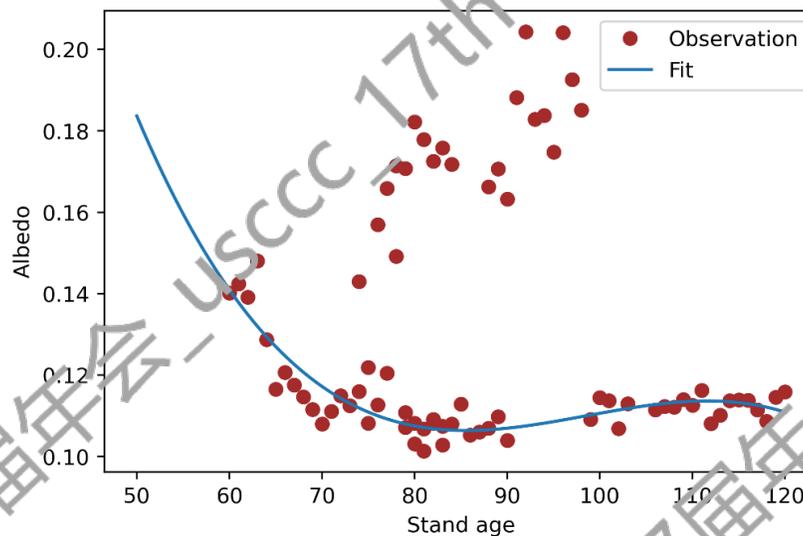
反照率的时间变化模式

不同扰动类型

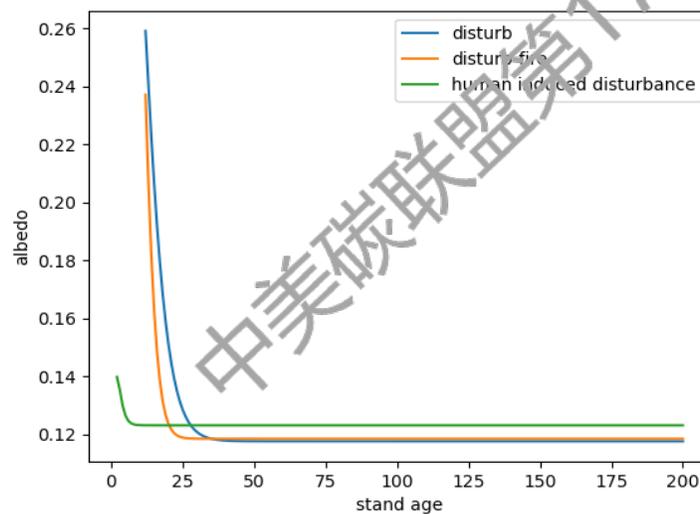
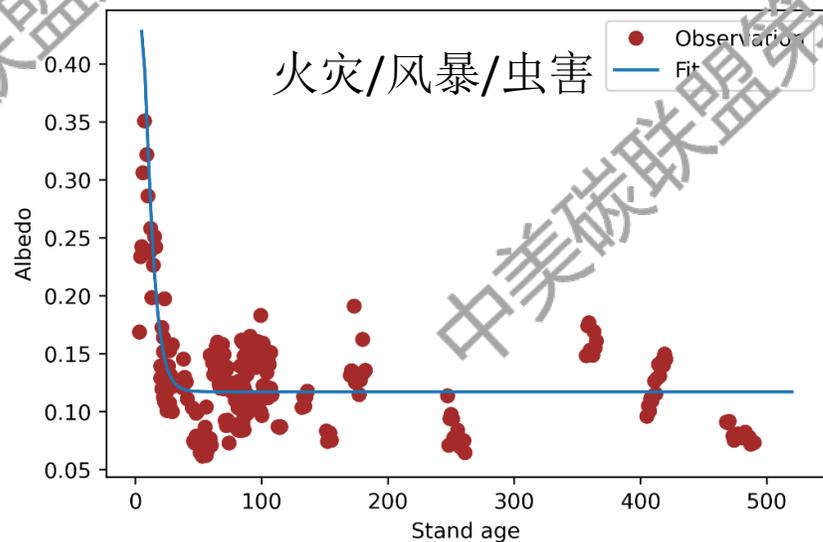
采伐/间伐/轮作



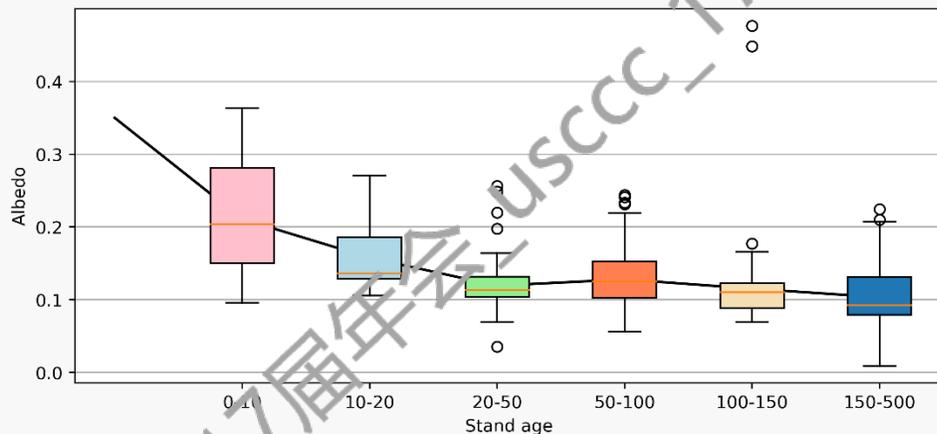
clearcut



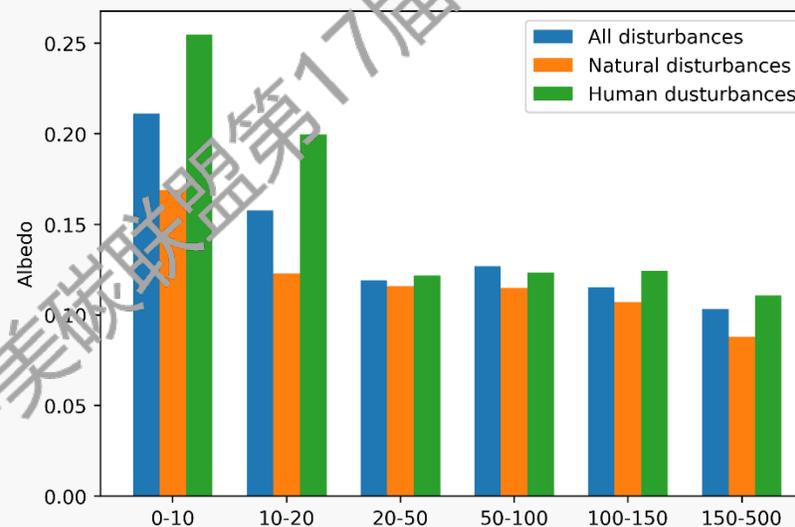
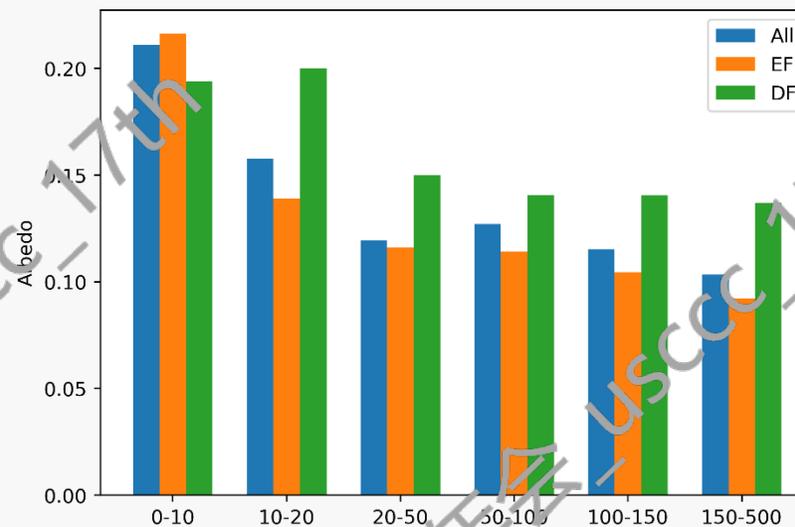
火灾/风暴/虫害



反照率的时间变化模式



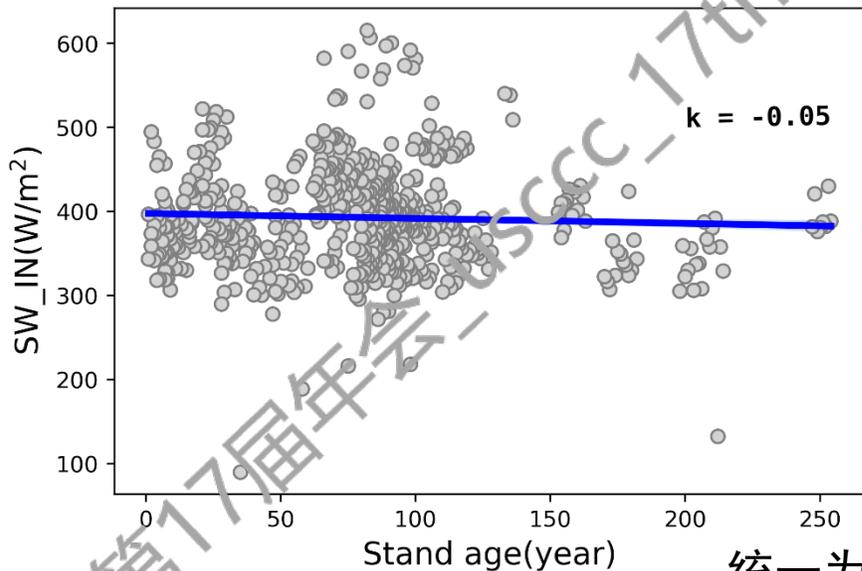
- 反照率在大约林龄为50时达到稳定, 约为0.1
- 成熟森林受到扰动后反照率变化明显
- 落叶林的反照率高于常绿林, 差异约有23%~45%
- 人为扰动/管理的反照率比自然扰动约高5%~62%



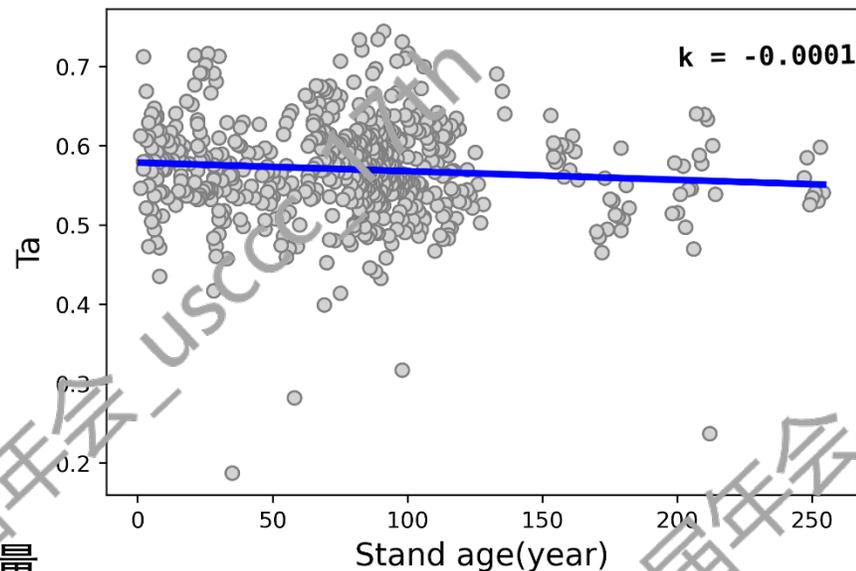
反照率对GWP的影响

模型中的其他参数

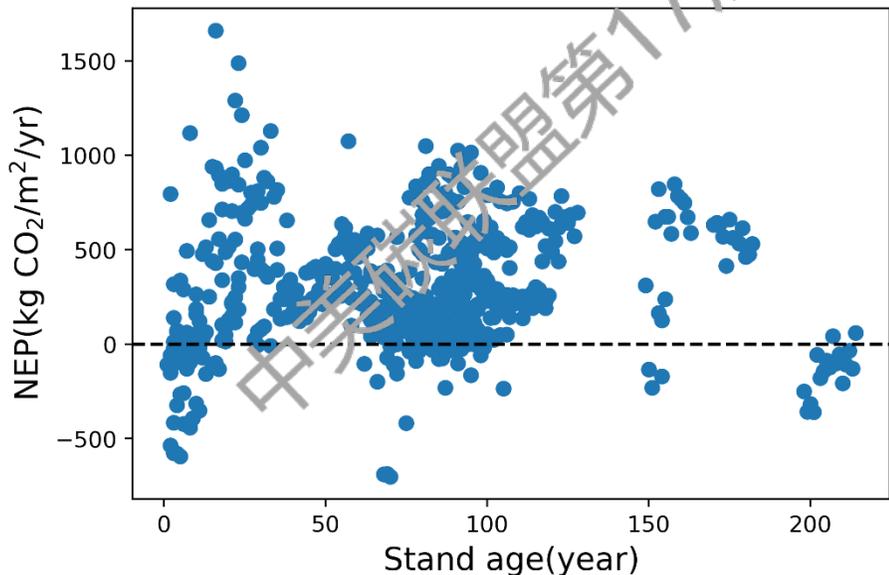
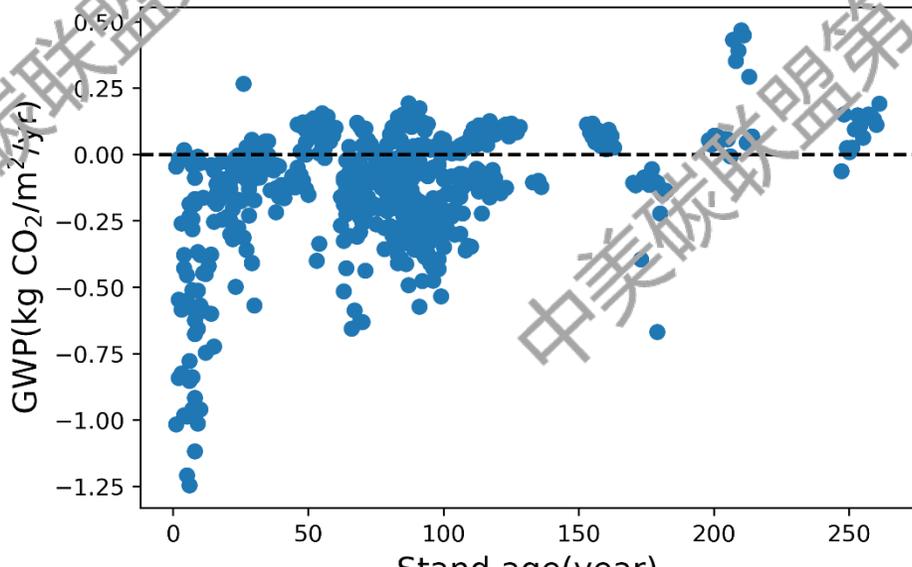
入射辐射 ($300-500\text{W}/\text{m}^2$)



上行透射率 ($0.45-0.65$)

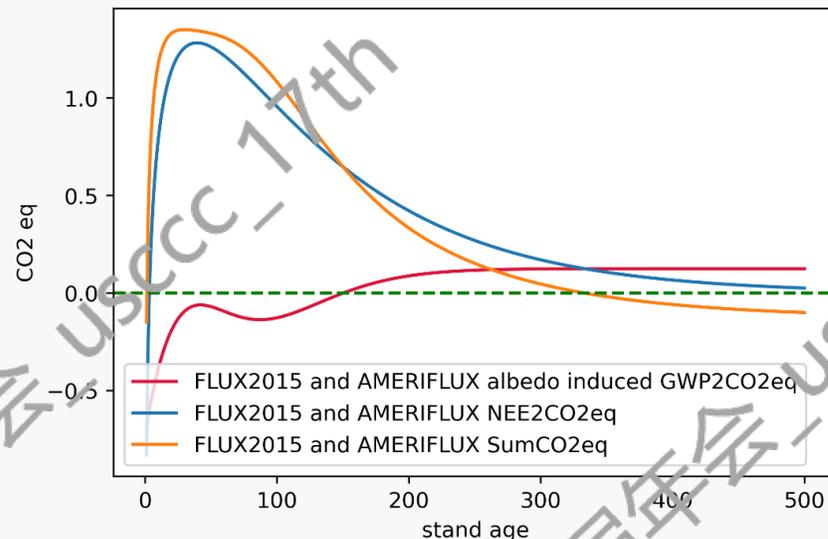
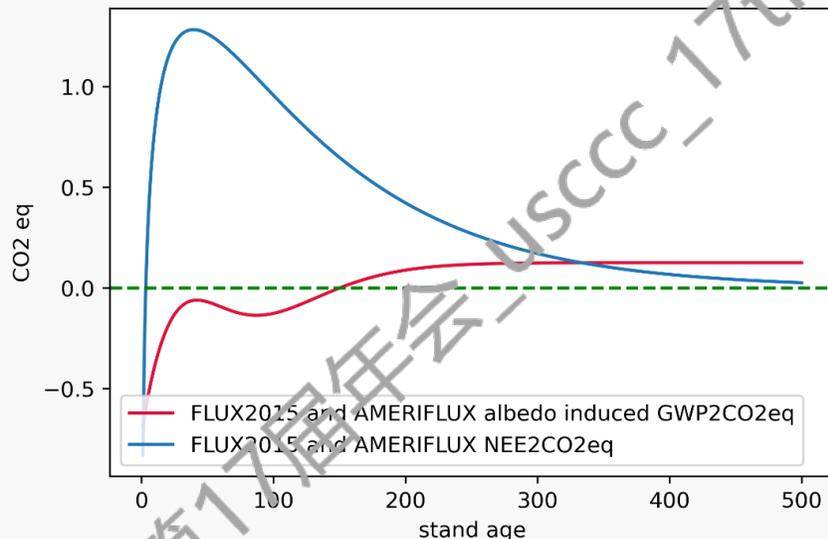


统一为 CO_2 当量

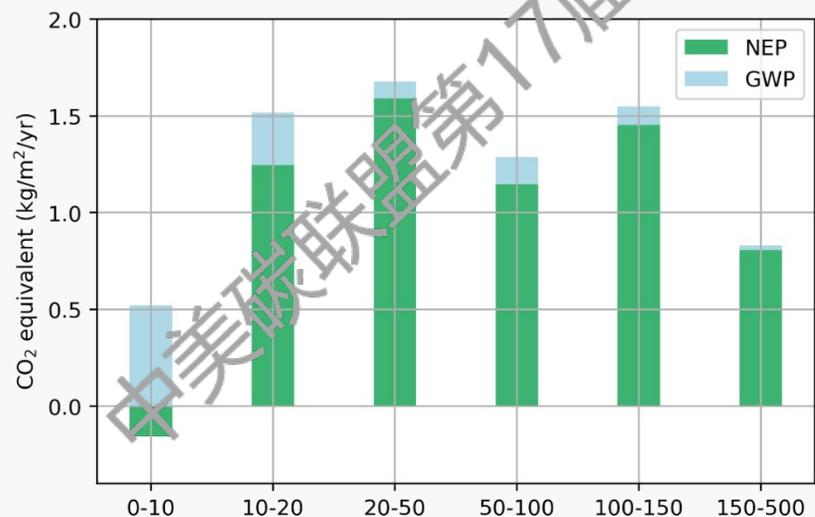


反照率对GWP的影响

考虑反照率变化引起的全球增温潜势



- 林龄为20-30年后GWPa约达到稳定
- NEP在20年前后迅速增加，形成碳汇
- 相对于NEP，GWP贡献较小，主要贡献在幼林时期
- 成为碳汇后的幼林，GWP最高可达NEP的21%，前20年累积可达73%



➤ 长时间尺度上，年龄是温带森林反照率及其引起的全球增温潜势最主要控制因素

- 同一年龄级，不同植被类型之间差异明显
- 同一年龄级，不同扰动方式之间差异明显

➤ 反照率对自然扰动和人为扰动的响应方式不同

➤ 反照率引起的增温潜势在幼林时期非常明显，有必要在当前林业管理中考虑森林

反照率变化

➤ 森林的全球增温潜势仍值得深入研究，模型中的参数仍具有一定的不确定性

谢谢大家批评指正！

感谢陈吉泉老师(jqchen@msu.edu)，李香兰老师(xli@bnu.edu.cn)的指导，
感谢AMERIFLUX和FLUXNET工作组Oishi, Bernhofer等人提供的帮助！