第十七届防雷减灾论坛

基于混合长基线天电阵列的强雷暴云顶放电观测研究

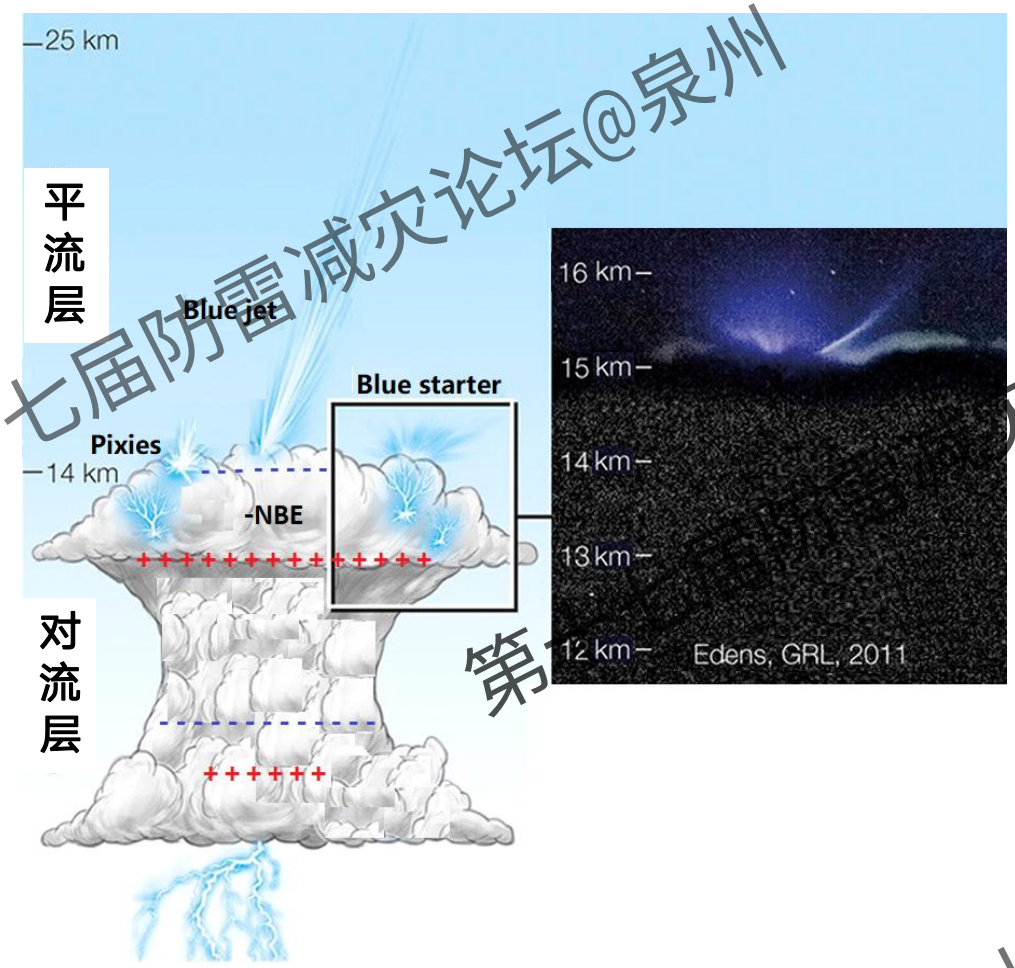
刘非凡[1]，祝宝友[1]，雷久侯[1]，陆高鹏[1]，吕伟涛[2]

1. 中国科学技术大学
2. 中国气象科学研究院灾害性天气国家重点实验室

2023/10/17 @ 泉州

第十七届防雷减灾论坛@泉州

雷暴云顶蓝色放电现象



Neubert et al., *npj Microgravity*, 2023

研究意义：

1. 影响对流层顶温室气体含量
2. 平流层能量和物质注入直接一环

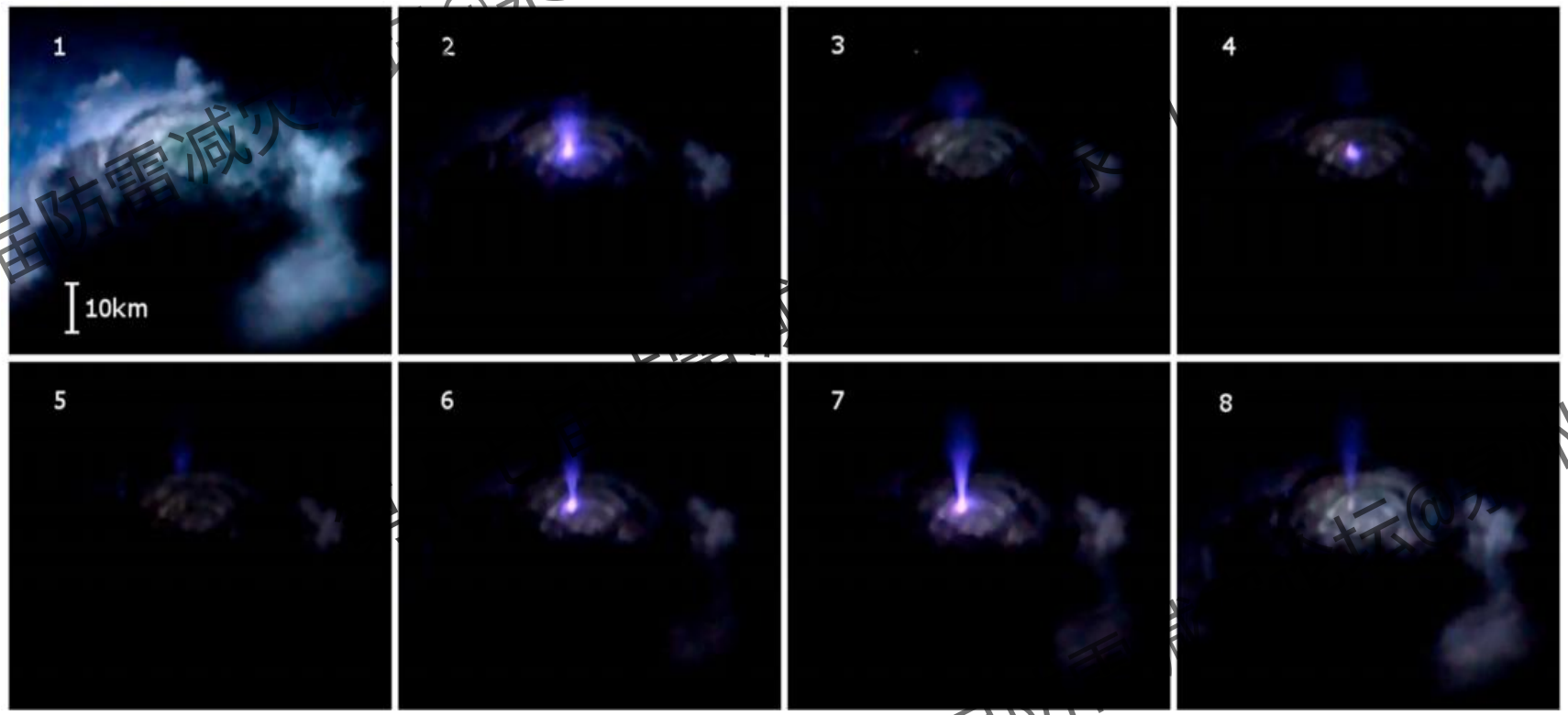
科学问题：

1. 与普通闪电的关系？
2. 母体雷暴特征及诱发机制？

第十七届防雷减灾论坛@泉州

国际空间站开展的“雷神”观测试验

160s 过境时间观测到245例频繁的云顶蓝色放电

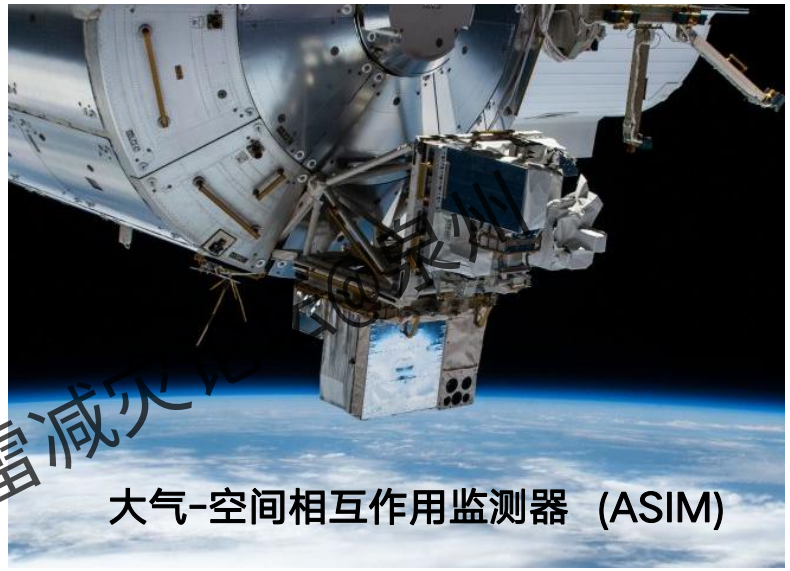


- 缺乏地基电信号同步观测，与云内放电的关系仍然未知

Chanrion et al. *GRL*. 2017

第十七届防雷减灾

ASIM高时空分辨率光谱观测


大气-空间相互作用监测器 (ASIM)

	Instrument	Band/Bw (nm)	FOV	Temporal resolution
光度计	PHOT 1	337/4	Square 80° diagonal	10 µs
	PHOT 2	180-230	Circular 80° diagonal	10 µs
	PHOT 3	777.4/5	Square 80° diagonal	10 µs
成像仪	CHU 1	337.0/5	Square 80° diagonal	>83 ms
	CHU 2	777.4/3	Square 80° diagonal	>83 ms

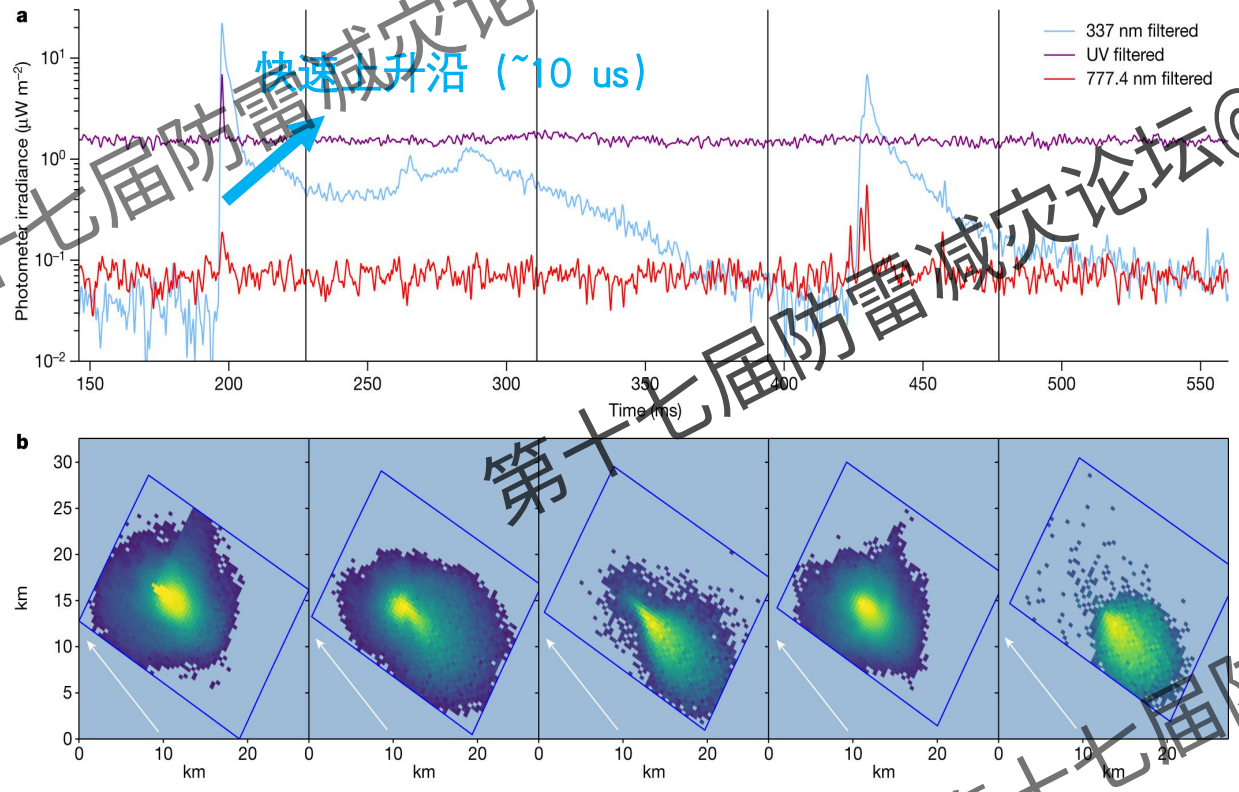
- 提供迄今为止，最高时空分辨率星载光学探测

第十七届防雷减灾论坛@泉州

云顶蓝色放电的光谱信号特征

区别于普通闪电的光谱信号：

- 只伴随337 nm，不伴随777.4 nm
- 表明云顶蓝色放电只有流光发展过程，没有先导过程

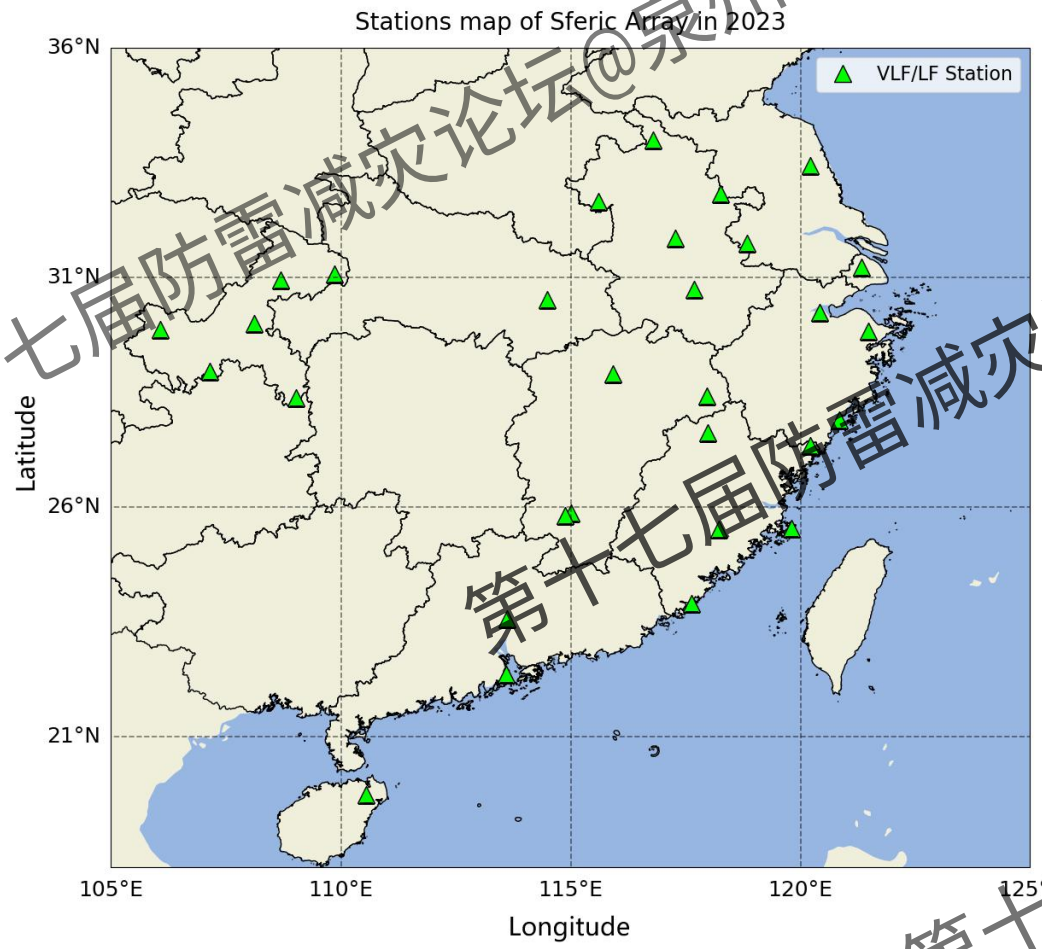


□ 猜测快速上升沿的蓝色光谱信号由负NBE诱发

Neubert et al., *Nature*., 2021

第十七届防雷减灾论坛@泉州

混合长基线天电阵列



技术特点：

- ✓ 闪电低频信号无缝采集（5M/s）
- ✓ 广域雷暴放电细节连续捕获
- ✓ 独创的混合基线组网技术
- ✓ 基于GPU的实时定位技术

国际科研合作：

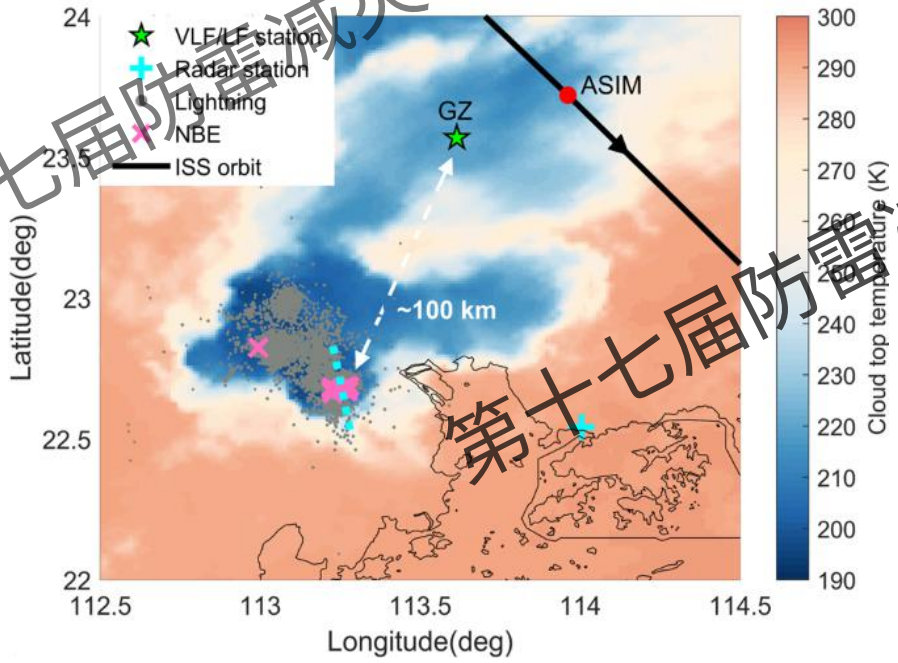
- ■ 欧空局亚太地区地基验证平台
- ■ 风云四号同步卫星地基验证平台
- ■ 张衡一号电磁观测地基验证平台
- ■ 为全球20多个研究组提供数据

第十七届防雷减灾论坛@泉州

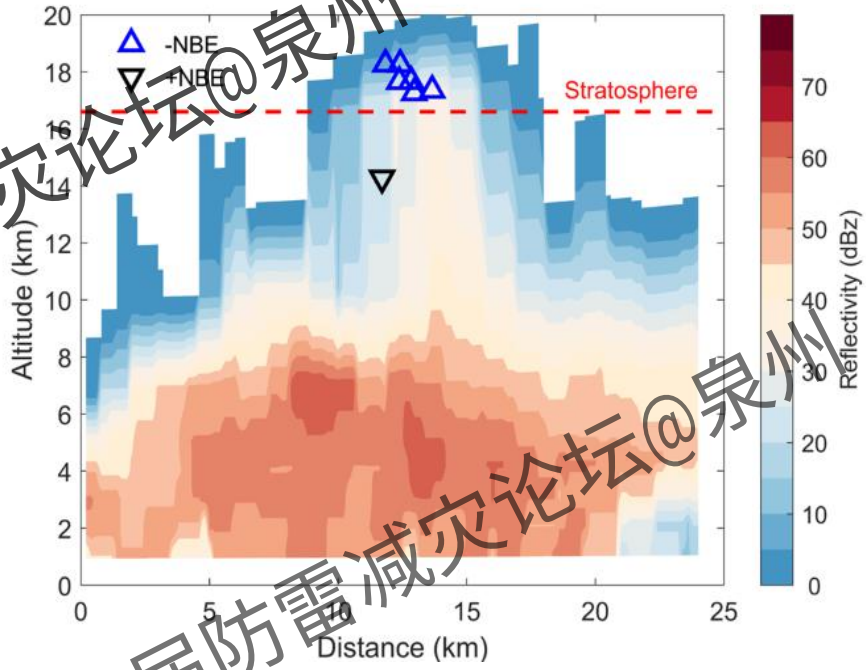
工作1-发现云顶蓝色放电的始发闪电源

试验背景：得益于重点研发计划（2017YFC1501501）在华南地区开展的立体协同观测试验

华南地区一次强对流过程



穿透性对流云雷达剖面

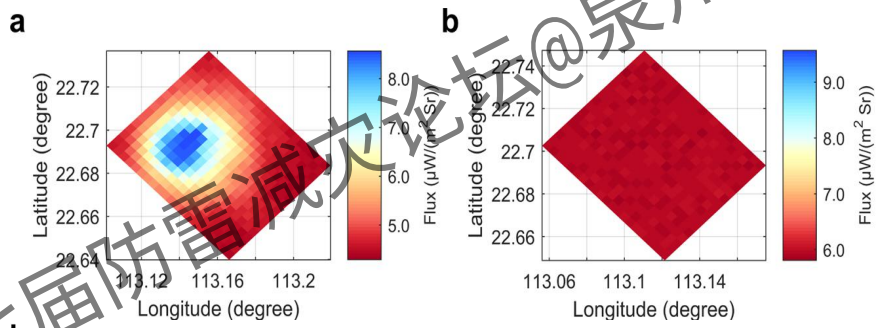


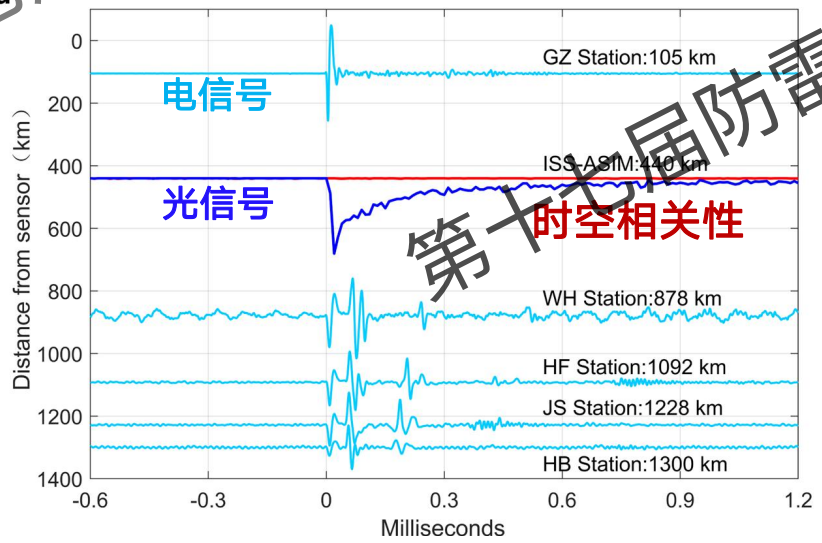
- **光电协同观测：**地基电学VLF/LF，粤港澳大湾区定位系统，ASIM光学观测
- **多源气象观测：**地基多普勒雷达，Himawari-8，FengYun-4，探空资料

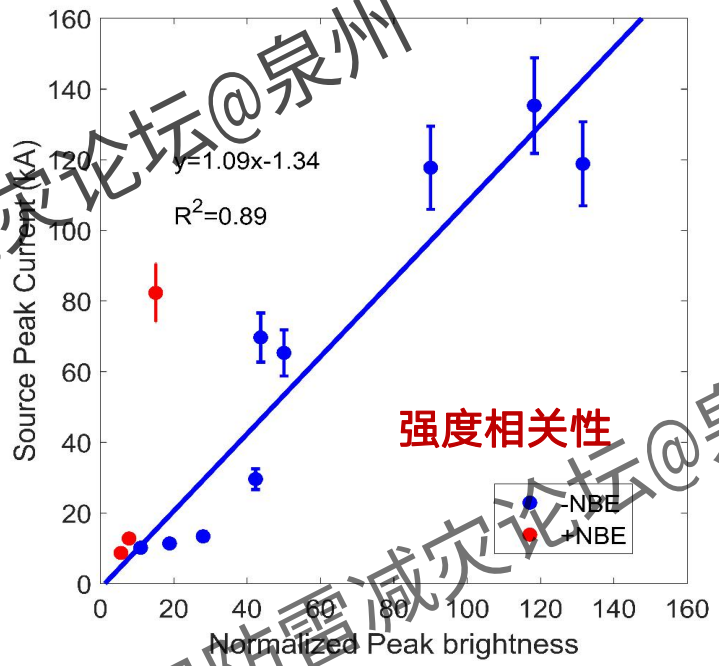
第十七届防雷减灾论坛@泉州

工作1-发现云顶蓝色放电的始发闪电源

背景：受限于传统观测手段，NBE和云顶蓝色放电的关系一直存在争议







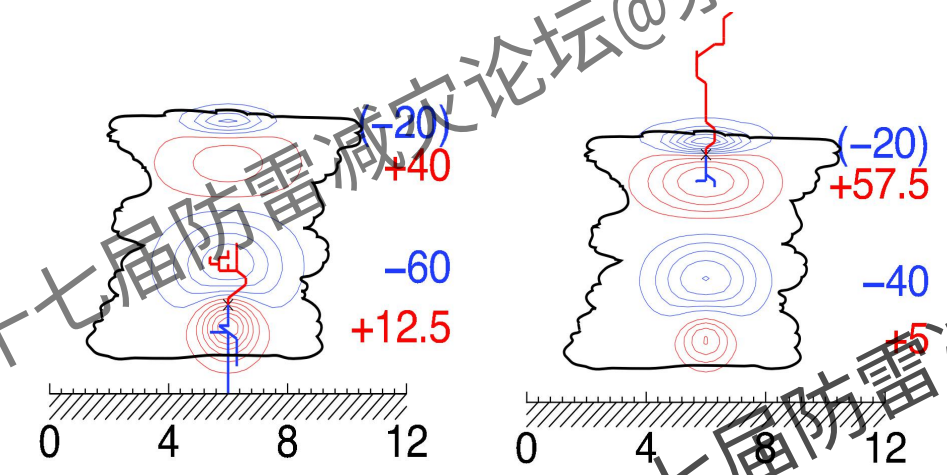
二者物理同源：NBE是云顶蓝色放电的云内始发阶段，蓝色放电是NBE的光学表现

Liu et al., *Nature Communications*, 2021

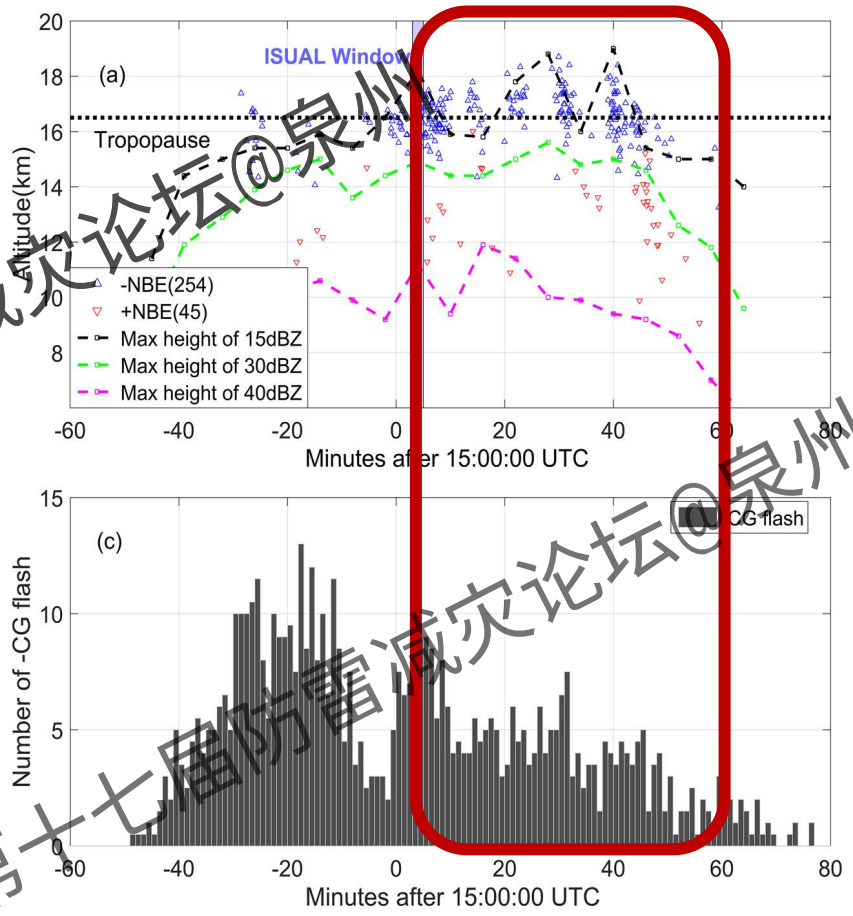
第十七届防雷减灾论坛@泉州

工作2-探讨云顶蓝色放电的诱发机制

背景：传统理论猜测频繁地闪引起的上部电荷不平衡性是云顶放电主要诱因



Krehbiel et al., *Nature geoscience*, 2008



观测挑战现有理论：

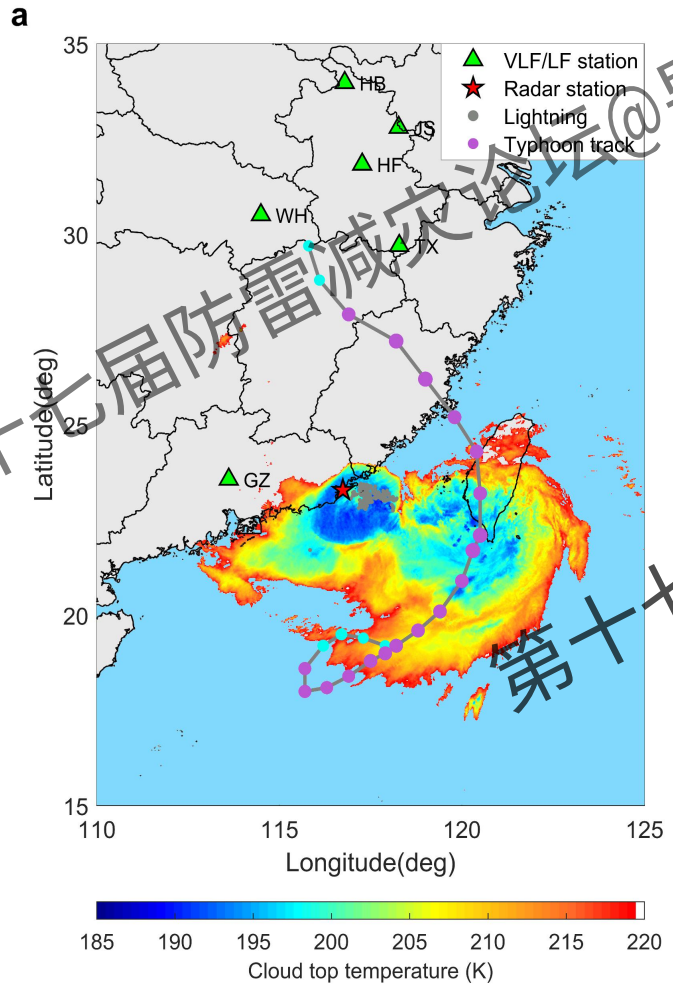
云顶蓝色放电爆发性产生在弱地闪阶段

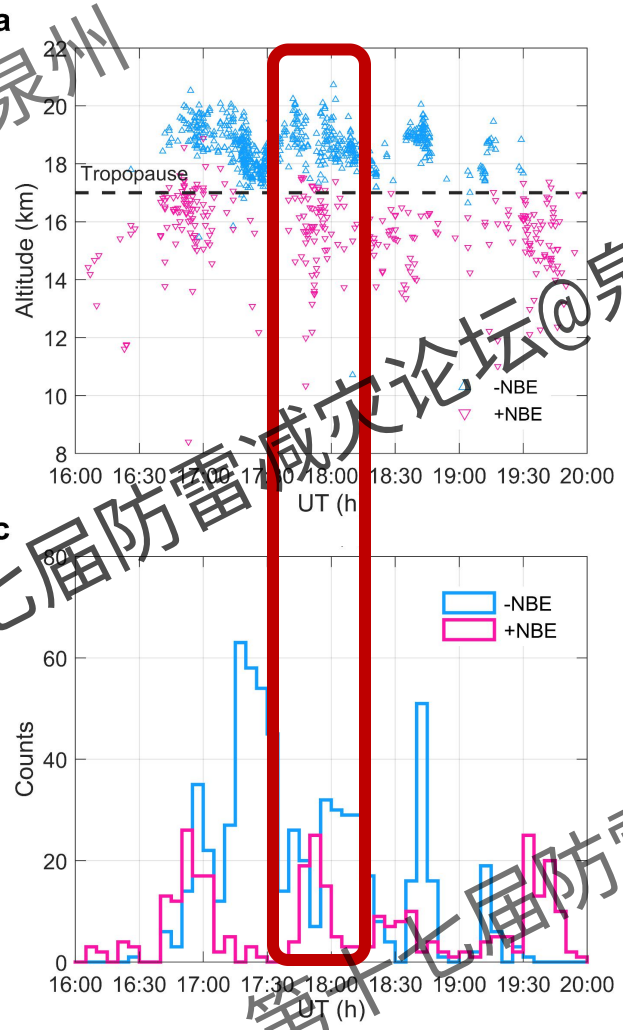
强对流抬升 VS 电学不平衡性?

Liu et al., GRL,2018; Liu et al., JGR-Atmos, 2021; Liu et al., Remote sensing, 2021

第十七届防雷减灾论坛@泉州

工作2-探讨云顶蓝色放电的诱发机制





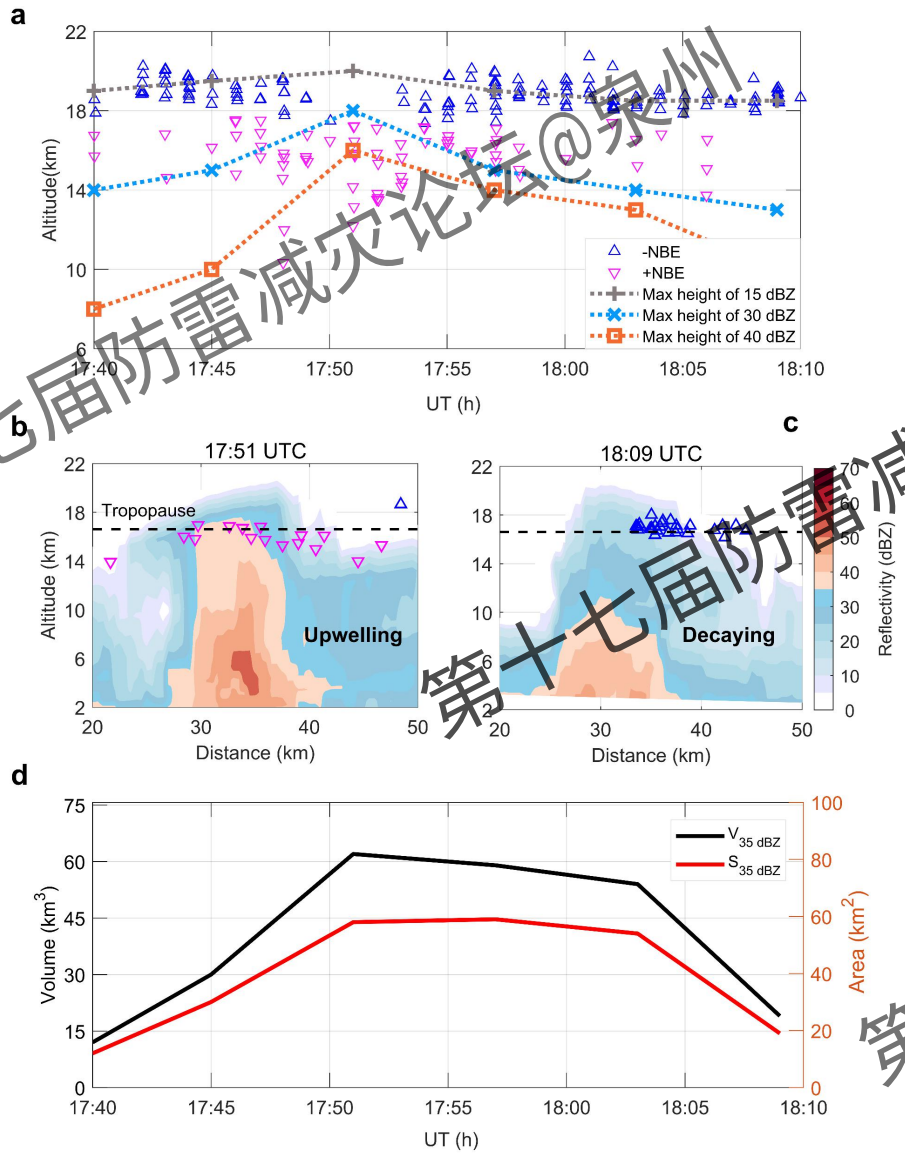
- 你增我减
- 你多我少
- 你强我弱

“跷跷板”竞争关系

Liu et al., Under review, 2023

第十七届防雷减灾论坛@泉州

工作2-探讨云顶蓝色放电的诱发机制



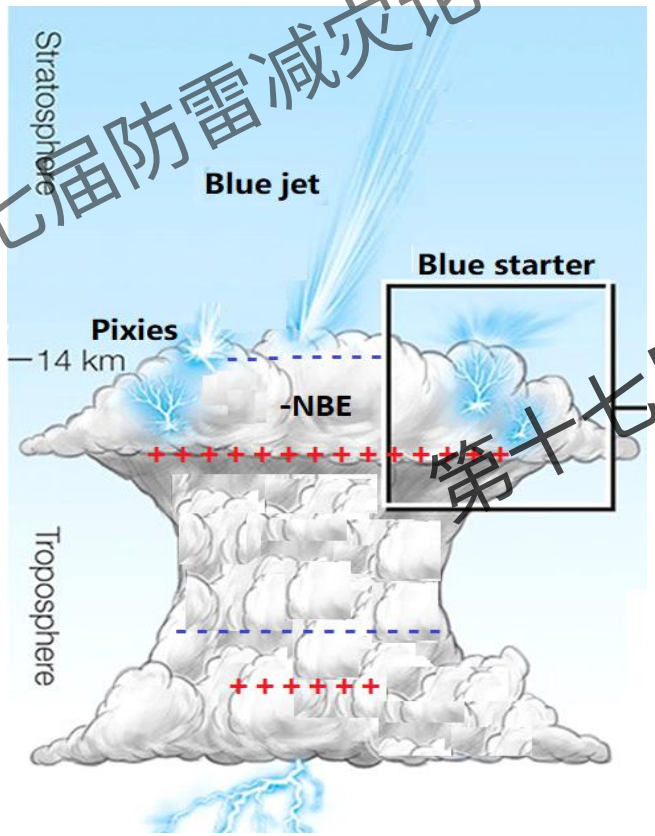
- 云顶负NBE放电倾向于产生在过冲云大回波粒子(≥40 dBZ)高度下降阶段
- 云上部正NBE放电倾向产生在过冲云大回波粒子(≥40 dBZ)高度抬升阶段

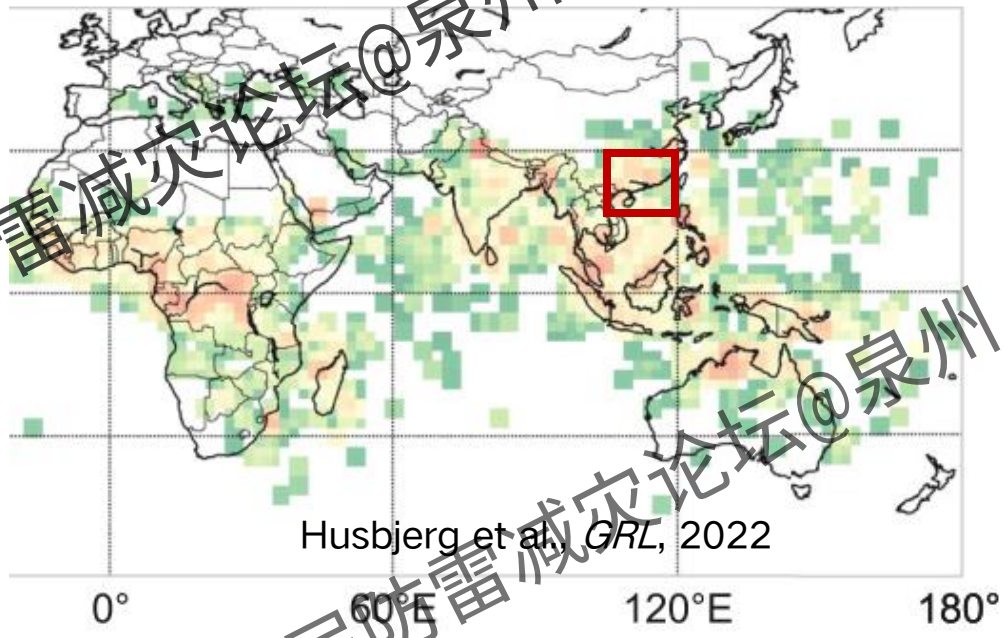
Liu et al., Under review, 2023

第十七届防雷减灾论坛@泉州

总结和展望

1. 怎样的-NBE能突破云顶向上发展成蓝色喷流？
2. 母体雷暴具有哪些宏微观对流发展特征？





◆ 福建台海地区是云上部蓝色放电高频发区域

□ 亟需在华南地区开展系统性的光电协同观测研究

第十七届防雷减灾论坛@泉州

请各位专家批评指正

第十七届防雷减灾论坛@泉州
第十七届防雷减灾论坛@泉州
第十七届防雷减灾论坛@泉州