



基于自主研发臭氧探空解析珠峰地区臭氧分布特征



张金强、叶春翔、宣越健、白志宣、林伟立、李丹、冉令坤、
焦宝峰、马耀明、马伟强、姚楠、曾芸枢、吕达仁、朱彤*

中国科学院大气物理研究所、北京大学、中央民族大学、中国科学院青藏高原研究所

(张金强 zjq@mail.iap.ac.cn; 13661185843)

引言

大气臭氧是大气能量收支的重要物质成分之一，对大气化学和辐射平衡起重要作用。青藏高原作为“天然实验室”，是全球气候变化敏感区和预警区；而珠峰则是青藏高原的标志，是地球上最独特的地质、地理、资源和生态单元。由于特殊的地理位置和气候特征，青藏高原上空臭氧短期变化特征和长期变化趋势备受关注。但是，由于高海拔和严峻观测条件，青藏高原，特别是珠峰地区大气臭氧垂直分布特征的原位探测较为缺乏。本研究基于自主研发臭氧探空仪在珠峰地区臭氧探空观测实验开展臭氧分布特征分析。

高精度臭氧探空仪研发及应用

- ▶ 2013年研发了具有自主知识产权的高精度双池臭氧探空仪，基于电化学原理设计，含有阴阳两个化学反应池，通过测量化学反应产生的电流来计算臭氧含量。仪器小型化，重量约500 g。已在实验室测试和外场实验中充分评估验证其高探测性能。
- ▶ 已在国内多地开展臭氧探空观测，其中北京站点每周一次。
- ▶ 于2019、2020连续两年被中科院院刊自主研制科学仪器收录。
- ▶ 已成果转化，且产品出口国外。国内气象部门于2021年开始使用该仪器在5地（北京、重庆、浙江杭州、广东清远、福建邵武）开展臭氧探空业务化试点观测。
- ▶ 于2022年荣获“十三五”以来气象科技成果评价奖，并获得2022年气象科学技术登记证书。

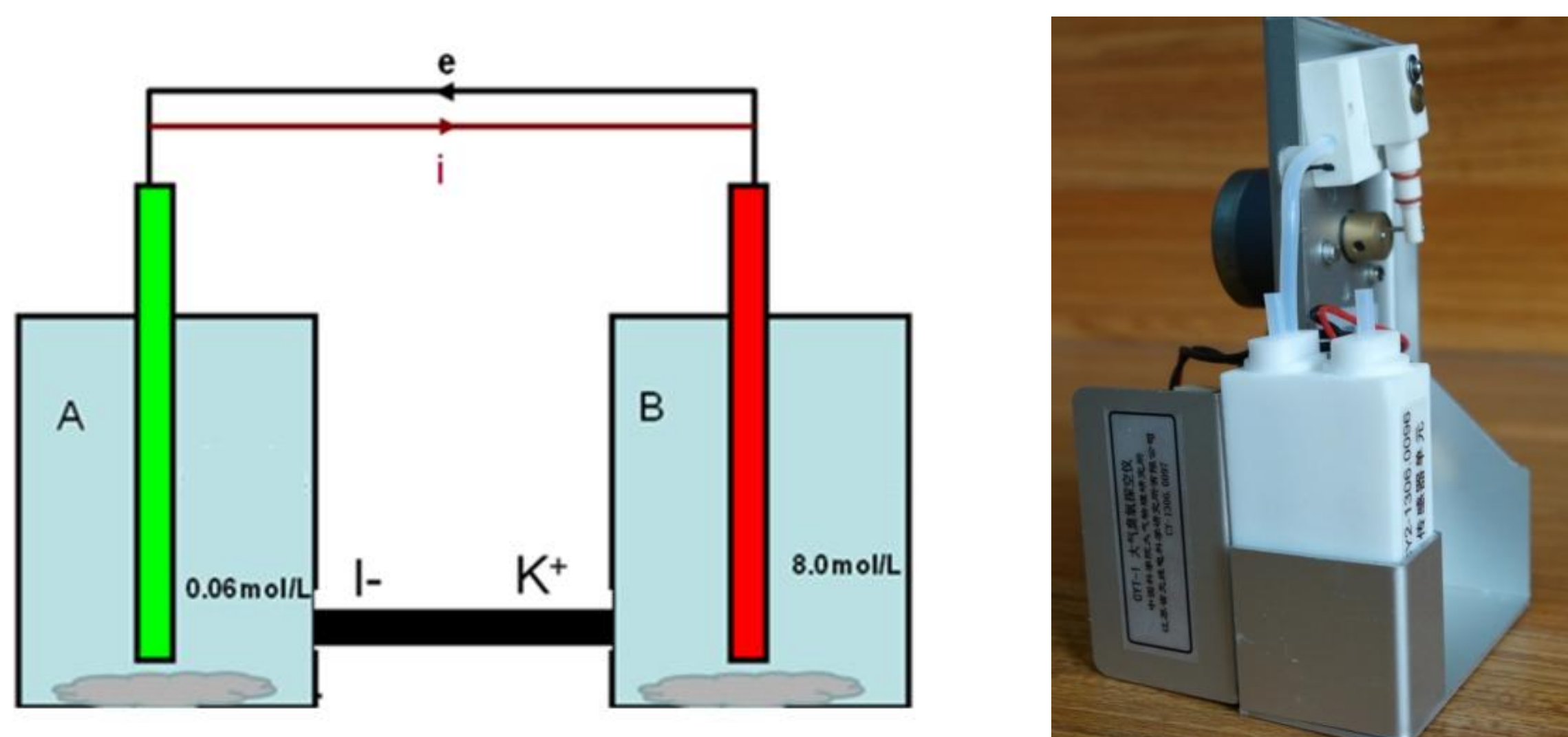


图1. 电化学原理臭氧探空仪研发（左）及仪器照片（右）



图2. 自主研发臭氧探空仪应用影响

“巅峰使命2022”珠峰科考：臭氧探空实验及挑战

- ▶ “巅峰使命2022”珠峰极高海拔地区综合科学考察研究于2022年4月28日全面启动，中科院大气物理研究所臭氧探空团队作为此次科考参研人员，在珠峰大本营（海拔高度5200 m）使用自主研发臭氧探空系统开展大气臭氧探空观测实验。
- ▶ 实验挑战：极高海拔地区人员高原反应；天气系统复杂，极端天气频发；午后强劲冰川风，影响探空气球发放；绒布河谷上空西风急流，探空信号易被山体遮挡。
- ▶ 经受恶劣条件考验，成功开展10次臭氧探空观测。其中，7次探测高度>35 km，最大探测高度为39 km。



图3. 珠峰大本营臭氧探空现场（左、中）及10次臭氧探空观测（右）

珠峰臭氧探空解析臭氧分布特征

- ▶ 基于珠峰地区臭氧探空评估星载AIRS、MLS反演臭氧廓线产品：尽管局部高度存在一定差异，但整体来说，卫星反演廓线与臭氧探空观测吻合较好。
- ▶ 与前人研究较多的高空低压槽、切断低压等天气系统引发平流层臭氧入侵不同，珠峰研究表明，阻塞高压天气系统亦能引起对流层臭氧增加，这应是国内首次类似研究结果。
- ▶ 臭氧探空、天气形势、轨迹模拟和卫星观测共同表明，喜马拉雅山脉南麓污染输送可造成对流层臭氧污染。

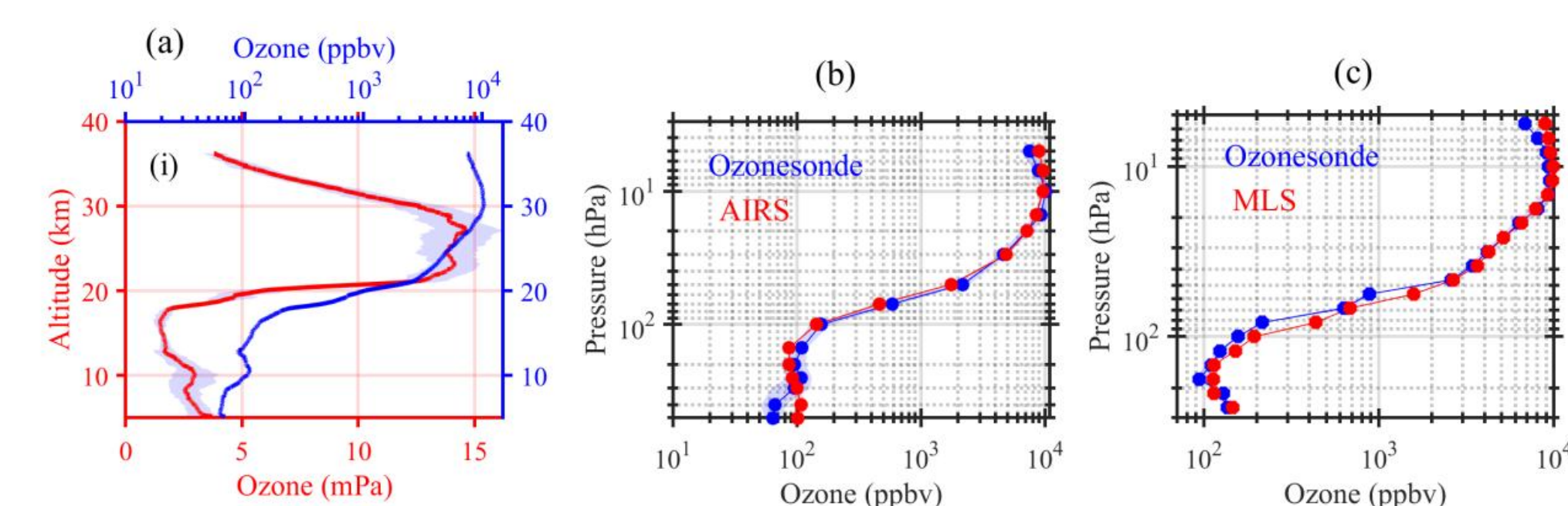


图4. 珠峰臭氧探空观测臭氧垂直分布（a）及其与星载AIRS（b）和MLS（c）对比

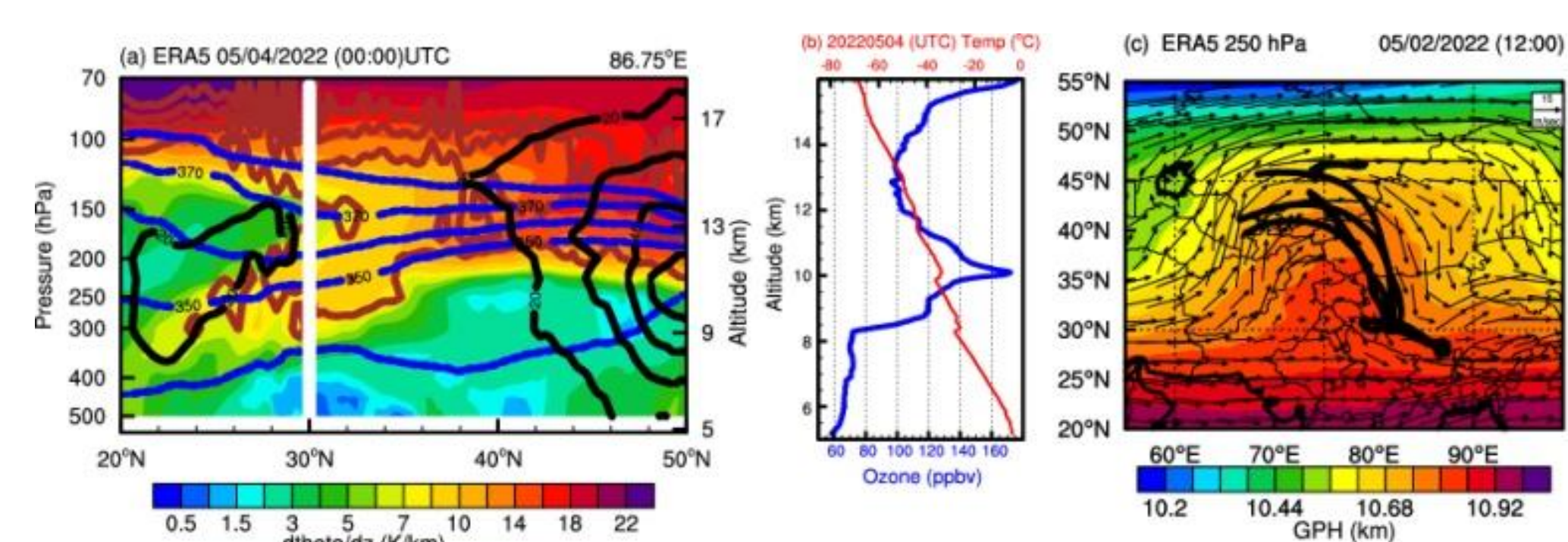


图5. 阻塞高压天气系统导致珠峰地区对流层臭氧增加，（a）、（b）、（c）分别为天气形势、臭氧探空观测和后向轨迹分析。

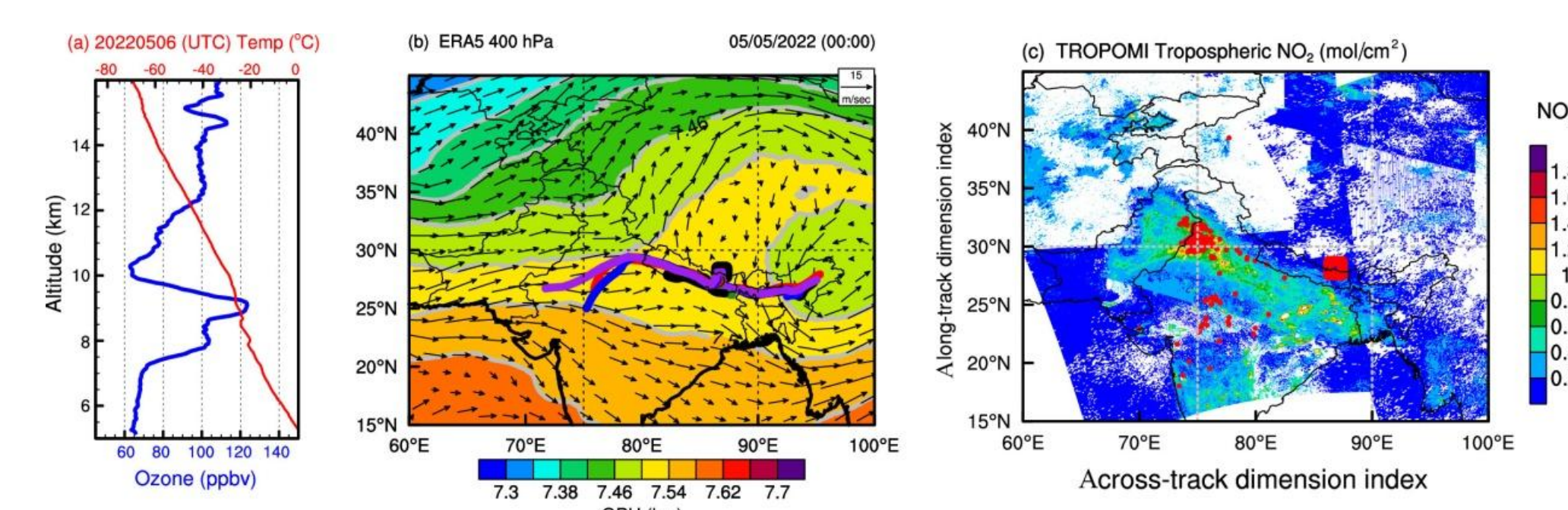


图6. 喜马拉雅山脉南麓污染输送造成珠峰地区对流层臭氧污染，（a）、（b）、（c）分别为臭氧探空观测、后向轨迹、卫星观测火点和对流层NO₂。

参考文献

Zhang J., Ye C., Xuan Y., Bai Z., Lin W., Li D., Ran L., Jiao B., Ma Y., Ma W., Yao N., Zeng Y., Lv D., Zhu T.*, 2023. The Earth Summit Mission-2022: Successful ozone soundings contribute to source identification in the north Mt. Qomolangma region. Journal of Environmental Sciences, 136, 412-421.