

台风“安比”以及双台风“潭美”和“康妮”登陆长三角地区前后臭氧廓线变化

韦玉婷¹, 冯琦², 王洪强¹, 黄俊^{3*}, 王潞椰¹, 陈明涛¹

¹桂林理工大学环境科学与工程学院, 广西 桂林

²宜春市宜丰生态环境监测站, 江西 宜春

³中国科学院空天信息创新研究院, 北京

收稿日期: 2023年4月27日; 录用日期: 2023年5月24日; 发布日期: 2023年5月31日

摘要

为更好地了解长三角地区台风登陆前后臭氧廓线变化情况, 本文选用2018年登陆长三角地区的三个台风——单台风“安比”以及双台风“潭美”和“康妮”登陆前后卫星臭氧廓线数据, 研究这些台风登陆长三角地区前后臭氧廓线的变化情况, 得出以下结论: 1) 台风影响长三角地区臭氧垂直输送, 导致臭氧廓线在台风登陆前后不同; 2) 双台风“潭美”和“康妮”与单台风“安比”影响长三角臭氧廓线变化趋势大体相反: 双台风来时使得对流层中上部以及平流层中下部臭氧浓度升高, 其余部分臭氧浓度降低, 而单台风“安比”来时使得长三角地区对流层以及平流层中下部臭氧浓度降低、平流层中上部臭氧浓度上升; 双台风登陆后, 离地面最近的臭氧浓度比台风登陆前低, 而单台风“安比”登陆后, 同一层的臭氧浓度比台风登陆前高。

关键词

长三角, 台风, 臭氧廓线

Changes of Ozone Profiles before and after Landings of Typhoon “Ampil” and Binary Typhoon “Trami” and “Kong-Rey” in the Yangtze River Delta

Yuting Wei¹, Qi Feng², Hongqiang Wang¹, Jun Huang^{3*}, Luye Wang¹, Mingtao Chen¹

¹College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

²Yifeng Ecological Environment Monitoring Station of Yichun City, Yichun Jiangxi

*通讯作者。

文章引用: 韦玉婷, 冯琦, 王洪强, 黄俊, 王潞椰, 陈明涛. 台风“安比”以及双台风“潭美”和“康妮”登陆长三角地区前后臭氧廓线变化[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(3): 623-630. DOI: 10.12677/ccrl.2023.123064

Abstract

For better understanding the changes of the Ozone profiles before and after landings of Typhoon, this paper selected the satellite ozone profile data before and after landings of three typhoons—single Typhoon “Ampil” and binary typhoons “Trami” and “Kong-rey” in the Yangtze River Delta region in 2018 to study the changes of ozone profiles in the region and obtained the following conclusions: 1) Typhoon had impacts on the vertical ozone exchanges in the Yangtze River Delta, and led to different ozone profiles before and after typhoon landing; 2) The binary typhoons “Trami” and “Kone-rey” and the single typhoon “Ampil” affected the ozone profile in the Yangtze River Delta in opposite ways: After the binary typhoons’ landing, the ozone concentration in the upper and middle troposphere and the lower and middle stratosphere increased, while the other part of the ozone concentration decreased. After the single typhoon “Ampil” landed, the ozone concentration in the troposphere and the lower and middle stratosphere in the Yangtze River Delta decreased, and the ozone concentration in the upper and middle stratosphere increased; After the binary typhoons’ landing, the ozone concentration in the layer closest to the ground was lower than that before the binary typhoons’ landing, while after the single typhoon Ampil landed, the ozone concentration in the same layer was higher than that before the typhoon’s landing.

Keywords

Yangtze River Delta, Typhoon, Ozone Profile

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

臭氧(O₃)是一种大气中重要的痕量气体，也是一种重要的温室气体。臭氧主要存在于平流层中，能够吸收紫外线及对地球生物有害的太阳短波辐射，能保护地球生态系统，但近地面的臭氧却是大气光化学污染的主要产物之一[1]。高浓度的臭氧不仅会影响人类和地表生物的生存，同时影响对流层与平流层之间的大气化学、辐射、动力、热力等过程。此外，它还是形成酸雨过程中一种重要的氧化剂，会严重影响局地空气质量，对气候变化有着十分重要的影响，直接影响大气辐射平衡，从而影响局地和全球的气候变化[2] [3]。平流层内臭氧的增加是否导致地面变暖或变冷，重点在于臭氧在垂直结构上的分布情况、臭氧在大气中的含量与分布[4]。随着经济的迅速发展和人类活动的频繁增加，臭氧污染已成为一种普遍而又难处理的大气污染[5]。近年来随着人类消耗能源结构的转变、城市规模的不断扩大及汽车持有量的迅猛增加，全球臭氧浓度出现逐年增加的趋势。世界上有很多国家，尤其是欧美等工业国，将近地层臭氧污染视为严重的空气质量问题，其他国家也逐步认识到高浓度臭氧的危害性，并将控制其污染提上了议事日程[6]。对于臭氧的监测研究起始于上世纪 20 年代，以地基仪器监测为主。随着科学技术的进步，人类对臭氧研究越来越广泛，臭氧探空(如飞机、气球、火箭等)、卫星遥感以及数值模拟等方法逐渐提供多种大气臭氧监测的选择[7]。基于地基仪器监测的臭氧数据具有连续化、固定化、质量较高等优点，但

由于地域(沙漠、海洋、极地)和地形(高山、盆地)的限制,地基站点较少且分散,无法获得区域臭氧的空间分布数据。从上世纪 70 年代开始,臭氧总量、臭氧廓线和地面臭氧的测定采用系统的航天卫星测量。基于卫星遥感的监测可以获得长时间、大尺度的时空分布和动态数据,对臭氧的观测覆盖全球,不受地域的限制。除此之外卫星遥感监测还可以对变化较大的平流层臭氧分布进行监测,并且在一天之内可以进行多次观测从而获得高时间分辨率的观测资料,卫星遥感观测到的臭氧数据质量一致性较好[8]。随着人类环保意识的不断加强,臭氧成为人类关注的焦点,如何防控臭氧污染是个棘手的问题,但毋庸置疑,深入了解不同天气条件下臭氧分布特点是对臭氧污染防治的前提。本文选取 2018 年的三个台风登陆长三角前后一周、三天以及登陆当天的 OMI 臭氧廓线数据进行对比,分析长三角地区台风前后臭氧廓线变化情况。

2. 数据和方法

2.1. 数据

本文所用数据时间范围为 2018 年第 1810 号台风“安比”、1824 号台风“潭美”和第 1825 号台风“康妮”双台风登陆长三角前后一周、三天以及登陆当天。所用的台风相关资料取自中央气象台台风网(<http://typhoon.nmc.cn/web.html>),臭氧廓线的数据取自搭载于 AURA 卫星上的 OMI (Ozone Monitoring Instrument)臭氧监测仪的 Level2 臭氧产品 OMO3PR,可从美国国家航空航天局(NASA)官方网站获取(https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OMO3PR_003/summary?keywords=OMI)。数据的存储和发布采用 NASA 发布 EOS(Earth Observation System)数据产品的标准格式 HDF-EOS5Swath,每个数据结构包含数据域、数据介绍域和地理坐标数据域。该产品对臭氧柱浓度进行观测和记录,包含从地面到大气层顶部共 18 层高度的臭氧廓线数据,包括 17 层(70,000 Pa)、16 层(50,000 Pa)、15 层(30,000 Pa)、14 层(20,000 Pa)、13 层(15,000 Pa)、12 层(10,000 Pa)、11 层(7000 Pa)、10 层(5000 Pa)、9 层(3000 Pa)、8 层(2000 Pa)、7 层(1000 Pa)、6 层(700 Pa)、5 层(500 Pa)、4 层(300 Pa)、3 层(200 Pa)、2 层(100 Pa)、1 层(500 Pa)和 0 层(300 Pa)。其中 17~12 层(距地面 3~16 km)对应对流层,12-0 层(距地面 16-55 km)对应平流层。每一层臭氧柱浓度以 DU (Dobson Unit)为单位,该数据格式详细信息可参考 OMI 大气产品文档(<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/AIRS/ozone/documentation/docs/omi-spie-2003.doc>)。

2.2. 方法

本文所用数据处理方法为:先用 Python 小程序 1 批量下载 HDF 格式的原始全球 2018 年臭氧廓线数据,再通过 Python 小程序 2 从 OMO3PR 原始数据中提取出长三角地区(29°N~33°N、118°E~123°E)臭氧浓度数据并转化为 csv 格式,剔除无效数据后利用 EXCEL 计算出长三角地区台风来前一周、台风来前三天、台风时、台风走后三天、台风走一周的臭氧廓线平均值,再用 origin 画出对应的臭氧廓线图,据此分析台风天气系统对臭氧垂直分布特征的影响。

3. 结果与讨论

3.1. 2018 年第 1810 号台风“安比”

2018 年第 10 号台风“安比”于 7 月 18 日 8:00 在菲律宾以东生成,位置为 128.7°E、19.1°N,中心最大风速为 15 m/s,为热带低压。“安比”生成后向西北方向移动,于 20 日 8:00 增强至强热带风暴,并逐渐靠近中国沿海。于 7 月 22 日 8:00 登陆,登陆前风速达到 28 m/s,登陆后台风继续沿江苏沿海城市向西北行进,进入山东,其强度及路径图如图 1。

通过分析 OMI 卫星臭氧廓线数据(如图 2(a))可以看出:与台风“安比”来之前三天相比,“安比”

来时 17 层以及 15~6 层臭氧浓度呈现下降趋势，而 16 层以及 5~0 层则相反，呈现上升趋势；与台风“安比”来时相比，“安比”走后三天除了 0 层臭氧浓度有降低趋势外，17~1 层臭氧浓度均呈现升高趋势，其中，9~8 层臭氧浓度升高趋势最明显。

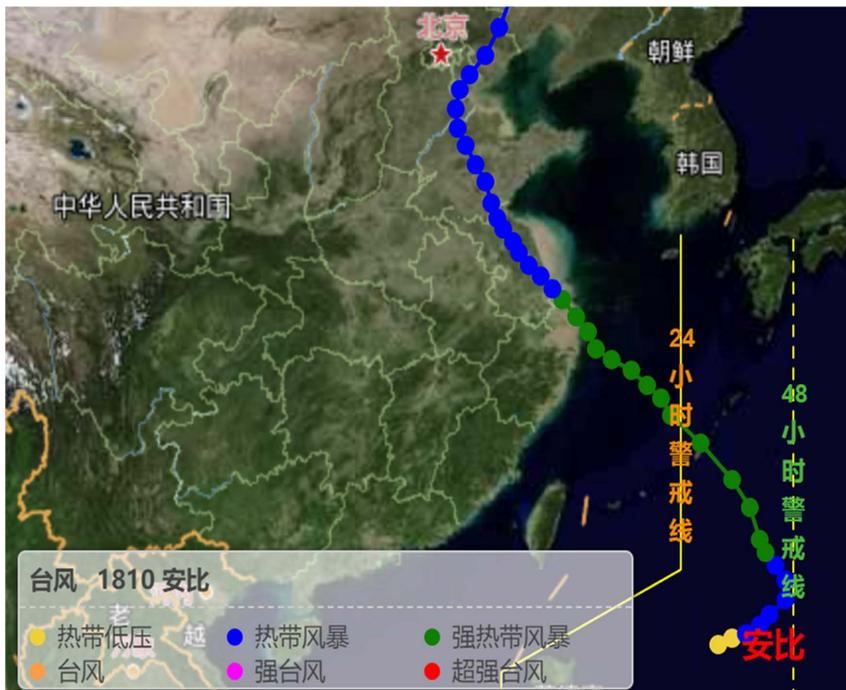


Figure 1. The intensity and track of Typhoon Ampil
图 1. 台风“安比”台风强度及路径

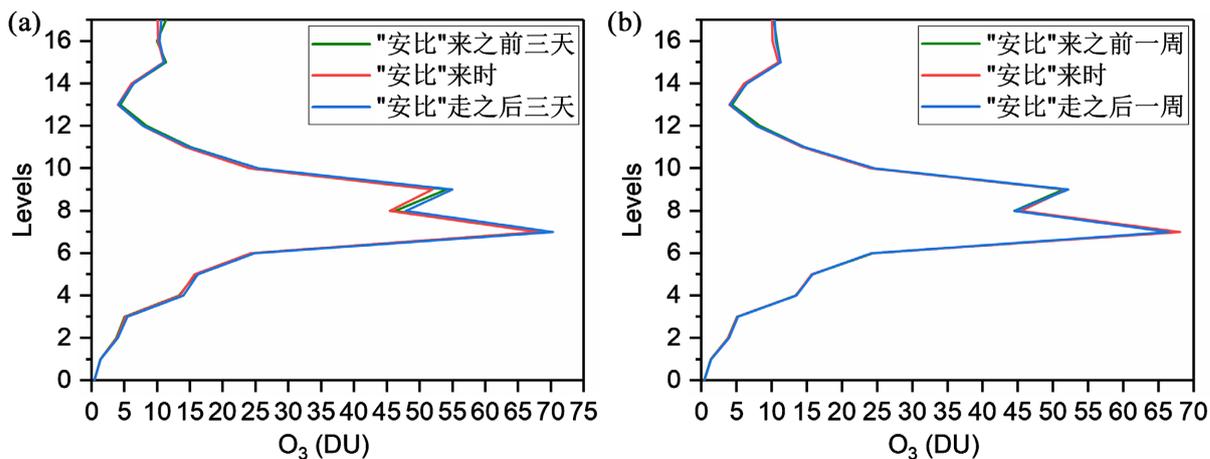


Figure 2. Comparison of ozone profiles before and after Typhoon Ampil
图 2. 台风“安比”前后臭氧廓线对比

通过分析 OMI 卫星臭氧廓线数据(如图 2(b))可以看出：与台风“安比”来之前一周相比，“安比”来时 17~10 层以及 6~5 层臭氧浓度呈下降趋势，而 9~7 层以及 4~0 层与之相反，呈现上升趋势；与台风“安比”来时相比，“安比”走之后一周除了 16 层以及 8~5 层臭氧浓度有降低趋势外，其余层的臭氧浓度均呈现升高趋势。

通过对图 2(a)、图 2(b)的对比分析可知：台风“安比”来时使得长三角地区对流层以及平流层中下部臭氧浓度降低、平流层中上部臭氧浓度上升；台风“安比”走后，离地面最近的 17 层臭氧浓度比台风来之前高。由此推测：台风“安比”促进了长三角地区臭垂直输送活动，而臭氧污染发生在台风走后而非台风来时或与此有关。

3.2. 2018 年双台风“潭美”和“康妮”

2018 年第 1824 号台风“潭美”于 9 月 20 日 12:00 在菲律宾以东生成，位置为 146.0°E、12.8°N，中心最大风速为 60 m/s，为超强台风。“潭美”生成后向西北方向移动，9 月 24 日 2:00 以强台风进入 48 小时警戒线，并迅速转化为超强台风，9 月 28 日 14:00 至 9 月 30 日 14:00 以强台风在 24 小时警戒线上行走。9 月 24 日进入长三角地区 2000 公里范围内并达到强台风级别，随后转变为超强台风。直至 9 月 30 日向日本方向行进并超出距离长三角地区 2000 公里范围，其强度及路径见图 3。

2018 年第 1825 号台风“康妮”于 9 月 28 日 0:00 在菲律宾以东生成，位置为 149.5°E、8.5°N，中心最大风速为 62 m/s，为超强台风。“康妮”生成后向西北方向移动，于 10 月 1 日增强至超强台风，并进入长三角地区 2000 公里范围内持续向东海行进距离长三角最近为 400 公里转变为强热带风暴，进入东海后转向东北方向在韩国登陆。于 10 月 7 日转变为热带风暴距离长三角地区超过 2000 公里，其强度及路径如图 4，台风“潭美”和“康妮”路径如图 5。

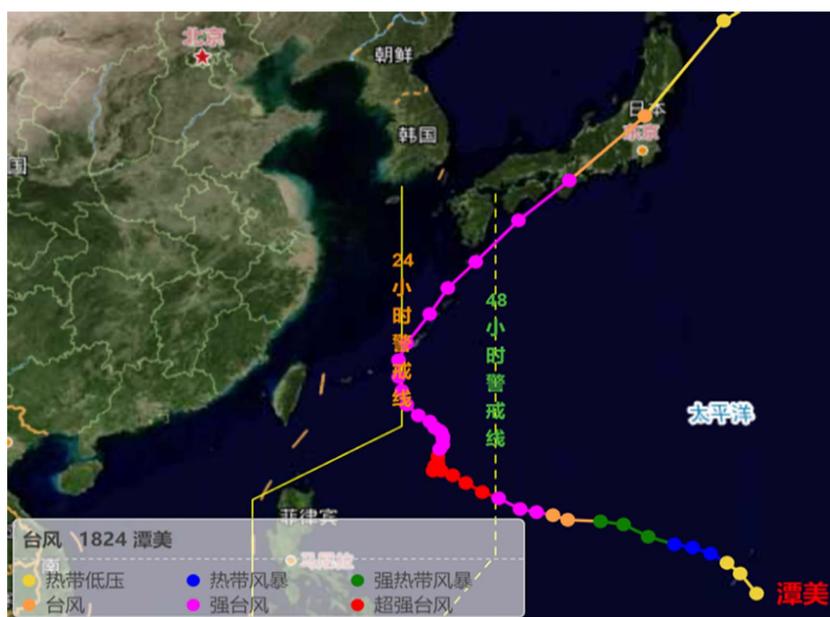


Figure 3. The intensity and track of Typhoon Trami
图 3. 台风“潭美”强度及路径

通过分析 OMI 卫星臭氧廓线数据(如图 6(a))可以看出：与台风“潭美”来之前三天相比，“潭美”来时 17 层以及 8~0 层臭氧浓度呈现下降趋势，而 16~9 层则相反，呈现升高趋势，其中 16~15 层升高最明显；与“潭美”来时相比，“潭美”走后三天 16~12 层以及 1~0 层臭氧浓度则呈现上升趋势，而 17 层以及 11~2 层臭氧浓度呈现下降趋势，其中 9~7 层臭氧浓度下降最明显。

通过分析 OMI 卫星臭氧廓线数据(如图 6(b))可以看出：与台风“潭美”来之前一周相比，“潭美”来时 17 层以及 7~0 层臭氧浓度呈现下降趋势，而 16~8 层则相反，呈现升高趋势，其中 16~15 层升高最

明显；与“潭美”来时相比，“潭美”走后一周除了 16~12 层臭氧浓度呈现升高趋势以外，其余 11~0 层以及离地面最近的 17 层臭氧浓度均呈下降趋势，其中 9~7 层臭氧浓度下降最明显。

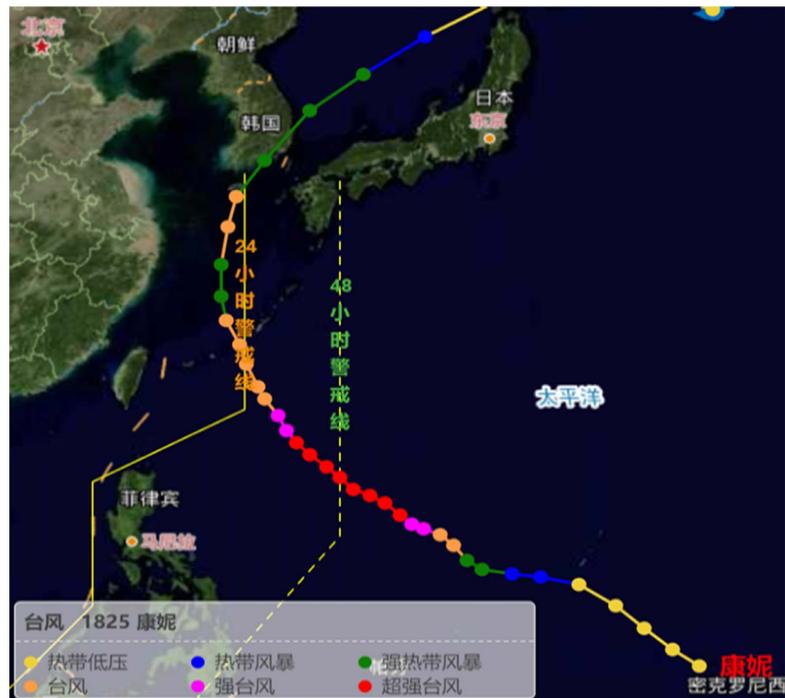


Figure 4. The intensity and track of Typhoon Kong-Rey

图 4. 台风“康妮”强度及路径

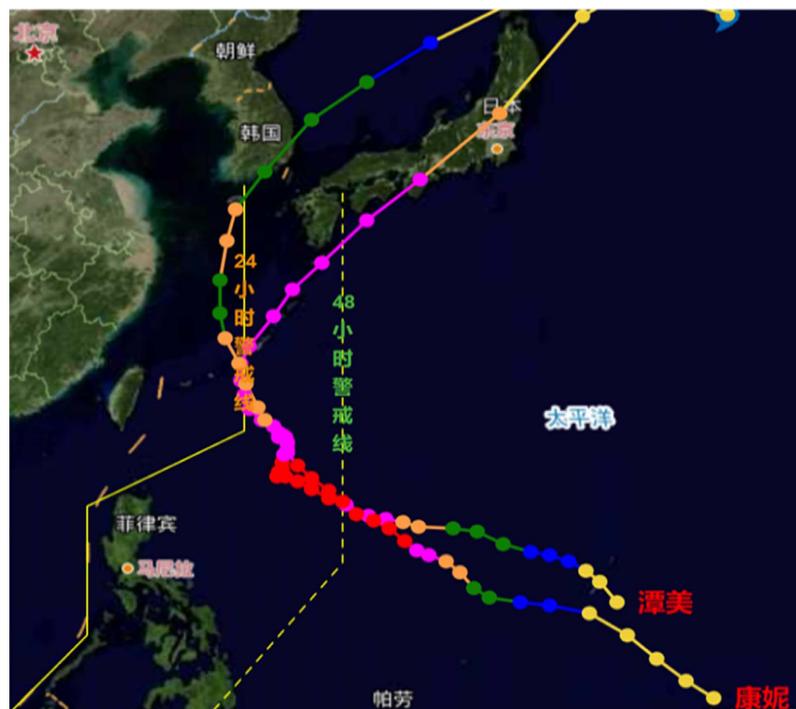


Figure 5. The track of Typhoon Trami and Kong-Rey

图 5. 台风“潭美”与“康妮”台风路径

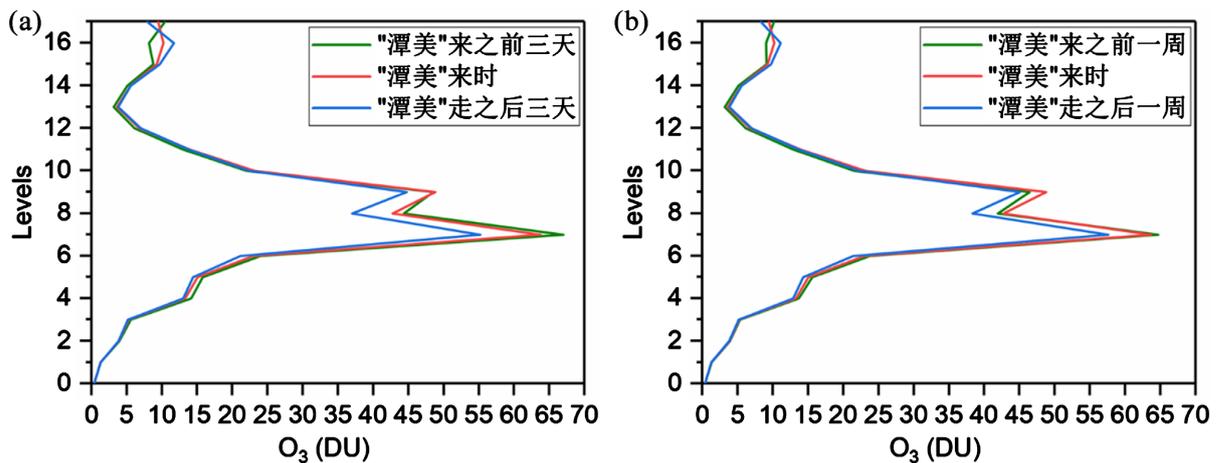


Figure 6. Comparison of ozone profiles before and after Typhoon Trami
图 6. 台风“潭美”前后臭氧廓线对比

通过对图 6(a)、图 6(b)的对比分析可知：台风“潭美”来时使得长三角地区对流层中上部以及平流层下部臭氧浓度升高、平流层以及对流层底部臭氧浓度降低；台风“潭美”走后，离地面最近的 17 层臭氧浓度比台风来之前低，可见台风“潭美”影响长三角地区臭氧廓线变化趋势与台风“安比”相反，这或与紧随“潭美”之后登陆长三角的台风“康妮”有关。

通过分析 OMI 卫星臭氧廓线数据(如图 7(a))可以看出：与台风“康妮”来之前三天相比，“康妮”来时 17 层、7~6 层以及 2~0 层臭氧浓度呈现下降趋势，而 16~8 层以及 5~3 层则呈现升高趋势，其中 16~15 层臭氧浓度升高最明显；与台风“康妮”来时相比，“康妮”走后三天除了 17 层、15 层以及 12 层臭氧浓度有所升高意外，其余层臭氧浓度均呈现下降趋势。

通过分析 OMI 卫星臭氧廓线数据(如图 7(b))可以看出：与台风“康妮”来之前一周相比，“康妮”来时 17 层以及 8~0 层臭氧浓度呈现降低趋势，而 16~9 层臭氧浓度均呈升高趋势，其中 16 层升高最明显；与“康妮”来时相比，“康妮”走后一周 17~16 层以及 7~0 层臭氧浓度呈现下降趋势，而 15~8 层呈现升高趋势，其中 9~8 层升高趋势最明显。

通过对图 7(a)、图 7(b)的对比分析可知：台风“康妮”来时使得对流层中上部以及平流层中下部臭

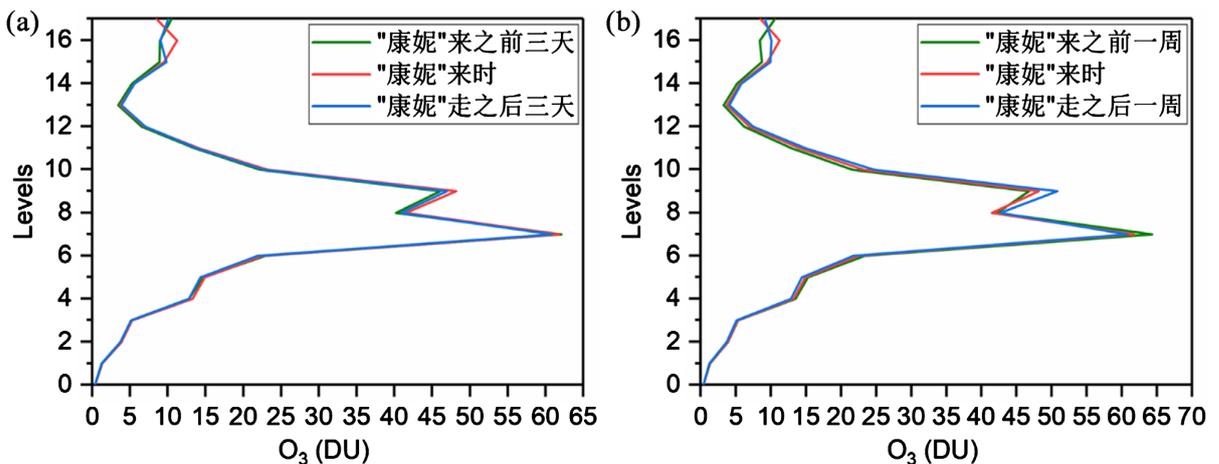


Figure 7. Comparison of ozone profiles before and after Typhoon Kong-Rey
图 7. 台风“康妮”前后臭氧廓线对比

氧浓度升高,其余部分臭氧浓度降低;台风“康妮”走后,离地面最近的17层臭氧浓度比台风来之前低。可见,“康妮”影响长三角地区臭氧廓线变化趋势与“潭美”大体一致,而与“安比”相反,极大可能是双台风与单台风对臭氧廓线的影响机制不同所致。

4. 结论与展望

综上,本文得出以下结论:

- 1) 台风影响着长三角臭氧垂直输送,进而导致臭氧廓线在台风前后不同;
- 2) 双台风“潭美”和“康妮”与单台风“安比”影响长三角臭氧廓线变化趋势大体相反:双台风来时使得对流层中上部以及平流层中下部臭氧浓度升高,其余部分臭氧浓度降低,而单台风“安比”来时使得长三角地区对流层以及平流层中下部臭氧浓度降低、平流层中上部臭氧浓度上升;双台风走后,离地面最近的17层臭氧浓度比台风来之前低,而单台风“安比”走后,17层臭氧浓度比台风来之前高。

以上结论对台风前后通过臭氧廓线变化趋势来推测台风后是否导致臭氧污染,从而起到预警和预防的作用。

致 谢

感谢中国气象台台风网和 NASA 提供数据支持,感谢国家重点研发计划项目(2018YFC1506304)资助。

参考文献

- [1] 陈立新,邓慧颖,林晖,等. 天气尺度条件下武夷山市臭氧演变规律及污染成因分析[J]. 海峡科学, 2021(6): 67-73.
- [2] 刘寅. FY-3A 气象卫星臭氧总量数据的质量控制方案及其在台风 Tembin (2012)和 Isaac (2012)中的应用[J]. 大气科学, 2014, 38(6): 1066-1078.
- [3] 吴焕波,谷新波. 呼和浩特市 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 O_3 特征分析及 O_3 预报方法的建立[C]//中国气象学会. 第35届中国气象学会年会 S12 大气成分与天气、气候变化与环境影响暨环境气象预报及影响评估,北京:中国气象学会, 2018: 603-618.
- [4] 陈莉,高云峰,忽建永,等. 东亚季风及台风过程与臭氧含量变化的关系分析[J]. 高原山地气象研究, 2017, 37(1): 66-72.
- [5] 宋佳颖,刘旻霞,孙瑞弟,等. 基于 OMI 数据的东南沿海大气臭氧浓度时空分布特征研究[J]. 环境科学学报, 2020, 40(2): 438-449.
- [6] 王宏,林长城,陈晓秋,等. 天气条件对福州近地层臭氧分布的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20(Z2): 1320-1325.
- [7] 周晨虹. 大气臭氧和二氧化氮的变化及其影响因素[D]: [硕士学位论文]. 南京:南京信息工程大学, 2013.
- [8] 侯孟娇. 地基、空基臭氧资料的对比与臭氧加热率的分层计算[D]: [硕士学位论文]. 昆明:云南大学, 2016.