

热带气旋“天鸽”与“山竹”大气风场过程变化及结构对比分析

余泳杰

广州大学地理科学与遥感学院, 广东 广州

收稿日期: 2024年3月21日; 录用日期: 2024年6月21日; 发布日期: 2024年6月30日

摘要

本研究利用香港天文台发布的热带气旋数据库、香港各站点气象数据、多普勒雷达回波图像、天气雷达回波图像以及日本气象厅向日葵八号卫星的红外线卫星图片等资料,对严重影响华南沿岸的热带气旋“天鸽”和“山竹”的大气风场过程变化进行对比及成因分析。结果表明:“天鸽”环流紧密且能量集中,对大气风场影响范围相对较小,持续时间较短,风速极大值较大;“山竹”环流广阔,登陆菲律宾东北部后,核心对流能量分散至气旋距离中心100~150公里,对大气风场影响范围大,持续时间长,风速极大值相对较小。造成差异的原因是,“山竹”在远洋已经发展成熟,并经过眼壁置换中心环流扩大;而“天鸽”以较低强度进入南海发展时间空间受限,但因其靠近珠三角前并未登录减弱,核心区得到进一步发展。

关键词

热带气旋“天鸽”和“山竹”, 大气风场, 过程变化, 气旋结构

Tropical Cyclones “Hato” and “Mangkhut” Atmospheric Wind Field Processes Changes and Structure Comparative Analysis

Yongjie Yu

School of Geography Science and Remote Sensing, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

Received: Mar. 21st, 2024; accepted: Jun. 21st, 2024; published: Jun. 30th, 2024

Abstract

This study uses tropical cyclone databases released by the Hong Kong Observatory (HKO), meteo-

rological data from various stations in Hong Kong, Doppler radar echo images, weather radar echo images, and infrared satellite images from the Japan Meteorological Agency's Himawari-8 satellite to compare and analyze the atmospheric wind field changes of tropical cyclones "Hato" and "Mangkhut" that seriously affect the southern coast of China. The results indicate that the circulation of "Hato" is so tight and energy is concentrated with a relatively small range impact on the atmospheric wind field, a short duration, and a larger maximum wind speed. The circulation of "Mangkhut" is broad. After landing in the northeast of the Philippines, the core convective energy is dispersed 100~150 kilometers away from the center of the cyclone, which has a larger range impact on the atmospheric wind field and a long duration, but the maximum wind speed is relatively small. The reason for the difference is that "Mangkhut" has already developed and matured in the ocean, and has expanded through the central circulation of eyewall replacement; however, the development time and space of "Hato" entering the South China Sea at a lower intensity are limited, but due to it making no landfall and weakening before approaching the Pearl River Delta, the core area has further developed.

Keywords

Tropical Cyclones "Hato" and "Mangkhut", Atmospheric Wind Field, Processes Changes, Cyclone Structure

Copyright © 2024 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. 研究背景

热带气旋是地球上最具破坏性的极端天气事件和自然灾害之一，它生成于热带或副热带洋面上，是具有组织的对流和确定的气旋性环流的非锋面性暖心结构涡旋的统称。本研究分析两个已被除名的且严重影响珠三角沿岸地区的热带气旋的大气风场过程变化及其精细结构对比，它们分别是 1713 号超强台风(修正后，修正前强度定为强台风)天鸽和 1822 号超强台风山竹；两个超强台风的吹袭均为该区带来严重影响。

每个台风本身的强度、结构、路径以及周围的环境场等影响因素不同，因此不同台风造成的大风强度和分布特征也不同[1]。天鸽和山竹移动路径和登陆地点相似，以西北偏西的移动方向在珠江口西侧登陆，但两者造成的大风强度、影响范围和持续时间却明显不同，因此有必要对导致两个台风的大风强度、范围和影响时间不同的成因进行对比分析[2]。

依照“半圆效应”说法，传统所说的“危险半圆”(dangerous semi-circle)，是指北半球台风前进方向的右侧，即台风与副高之间的气压梯度密集区，在此侧台风大风的强度较强，半径也相对较大；而在台风前进方向的左侧为“可航半圆”，此侧气压梯度密集程度稍逊，大风强度略弱，台风大风半径也相对较小，台风风场因此形成了不对称结构[3]。

利用卫星云图数据可以直观的反映热带气旋的强度、结构变化和云区的影响范围，从而对预测其大风的影响时间和影响范围有一定的参考作用。而当热带气旋中心进入雷达的监测范围时，雷达的反射率因子产品可以有效监控其大风的影响范围和影响时间，径向速度产品可以估测其大风的强度、影响时间和大风更精细的分布[4]-[8]。

2. 数据和方法

数据选自香港天文台发布的热带气旋数据库，香港各站点气象数据，多普勒雷达回波图像，天气雷

达回波图像以及日本气象厅向日葵八号卫星的红外线卫星图片。海平面气压及地面风资料是根据香港天文台气象站及测风站网络所取得的数据。热带气旋“天鸽”和“山竹”每六小时位置，连同当时的最低中心气压及最高持续风速也在数据内。

3. 结果和分析

3.1. 热带气旋 1713 “天鸽” 和 1822 “山竹” 过程概况

3.1.1. 超强台风天鸽(1713)：2017 年 8 月 20 日至 24 日

由于南海北部海水温度较正常偏高，天鸽横过南海北部期间显著增强，在香港以南水域更短暂发展为超强台风。热带低气压天鸽于 8 月 20 日晚上在高雄之东南偏东约 740 公里的北太平洋西部上形成，大致向偏西方向移动，横过吕宋海峡，8 月 22 日进入南海东北部，并增强为台风及采取西北偏西路径移向广东沿岸。8 月 23 日天鸽趋向珠江口一带及进一步增强，早上在香港以南海域发展成为超强台风，达到其最高强度，中心附近最高持续风速估计为每小时 185 公里。正午过后天鸽在澳门及珠海附近沿岸登陆(登陆前后路径如图 1)，移入广东西部及逐渐减弱。翌日天鸽横过广西，晚上在云南减弱为一个低压区。

3.1.2. 超强台风山竹(1822)：2018 年 9 月 7 日至 17 日

热带低气压山竹于 9 月 7 日在关岛以东约 2330 公里的北太平洋西部上形成，随后数天迅速向西移动，并逐渐增强，于 9 月 11 日发展为超强台风。山竹在 9 月 14 日转向西北移动，在登陆吕宋前达到其最高强度，中心附近的最高持续风速估计为每小时 250 公里。山竹横过吕宋北部后减弱，并继续迅速以西北路径横过南海北部，移近广东沿岸。山竹在九月十六日上午减弱为强台风，黄昏前在广东台山附近登陆，随后移入广东西部及进一步减弱(登陆前后路径如图 2)。翌日晚上山竹在广西减弱为一个低压区。山竹环



Figure 1. Tropical cyclones “Hato” moving track before and after their landfall

图 1. 热带气旋“天鸽”登陆前后的移动路径



Figure 2. Tropical cyclones “Mangkhut” moving track before and after their landfall
图 2. 热带气旋“山竹”登陆前后的移动路径

流广阔、风力强劲、移动迅速，加上其特别的风力结构，为珠江口沿岸带来破坏性风力和破纪录的风暴潮，并造成广泛及严重的影响。

3.2. 大气风场过程变化对比

如表 1，“天鸽”中心最高持续风速为 185 公里每小时，烈风圈半径为 280 公里，暴风圈半径 80 公里，飓风圈半径 50 公里；而“山竹”此时中心最高持续风速为 180 公里每小时，其烈风、暴风和飓风圈半径分别为 400、200、和 80 公里。由此可见，热带气旋“天鸽”环流集中，如图 3 和图 4，登陆前数小时其烈风圈影响范围为江门南部至深圳南部沿岸，暴风圈影响范围为香港、澳门、中山南部、江门东南部沿岸，飓风圈影响范围为香港南部、澳门、珠海、中山南部，其中心风力更强，并且在最靠近香港天文台时还短暂达到超强台风的下限。

热带气旋“山竹”环流广阔，中心风力在登陆吕宋岛东北部后有所减弱，但其外围螺旋雨带仍保持良好的对流，因此烈风圈及暴风圈半径均较前者影响范围更广，如图 5 和图 6，登陆前数小时其烈风圈影响范围为广东阳江至福建漳州南部沿岸，其暴风圈影响范围为广东江门至汕尾南部沿岸，其飓风圈影响范围为深圳南部、香港、澳门、珠海、中山南部及江门南部。

方法一：(香港天文台气象站数据最后达到各级阵风的时间 - 最初达到各级阵风的时间)

如表 2，从大风的影响时间来看，山竹天气过程烈风、暴风和飓风持续时间长达 30 h、23 h 和 21 h，而天鸽分别为 14 h、11 h 和 9 h。可见天鸽大风持续时间不及山竹的一半，山竹烈风、暴风、飓风影响时长分别为为天鸽 214%、209%、233%，由此可见，山竹的风场规模超过天鸽的两倍，影响范围更广，且对珠江口的影响持续时间更长；山竹的暴风风力从沿岸吹袭至距离珠江口 100 公里意外的广州南部、东莞南部及佛山南部，而天鸽的暴风风力仅限于珠江口沿岸地区。

Table 1. Condition of tropical cyclones “Hato” and “Mangkhut” closest to HK

表 1. 热带气旋天鸽和山竹最靠近香港天文台时情况

台风编号	中心最高持续风速	烈风圈半径/km	暴风圈半径/km	飓风圈半径/km
1713 天鸽	185 公里/小时	280	80	50
1822 山竹	180 公里/小时	400	200	80

Table 2. Duration time of gusts of tropical cyclones “Hato” and “Mangkhut” affect HK
表 2. 热带气旋天鸽和山竹影响香港期间阵风持续时间

台风编号	烈风/h	暴风/h	飓风/h
1713 天鸽	14	11	9
1822 山竹	30	23	21

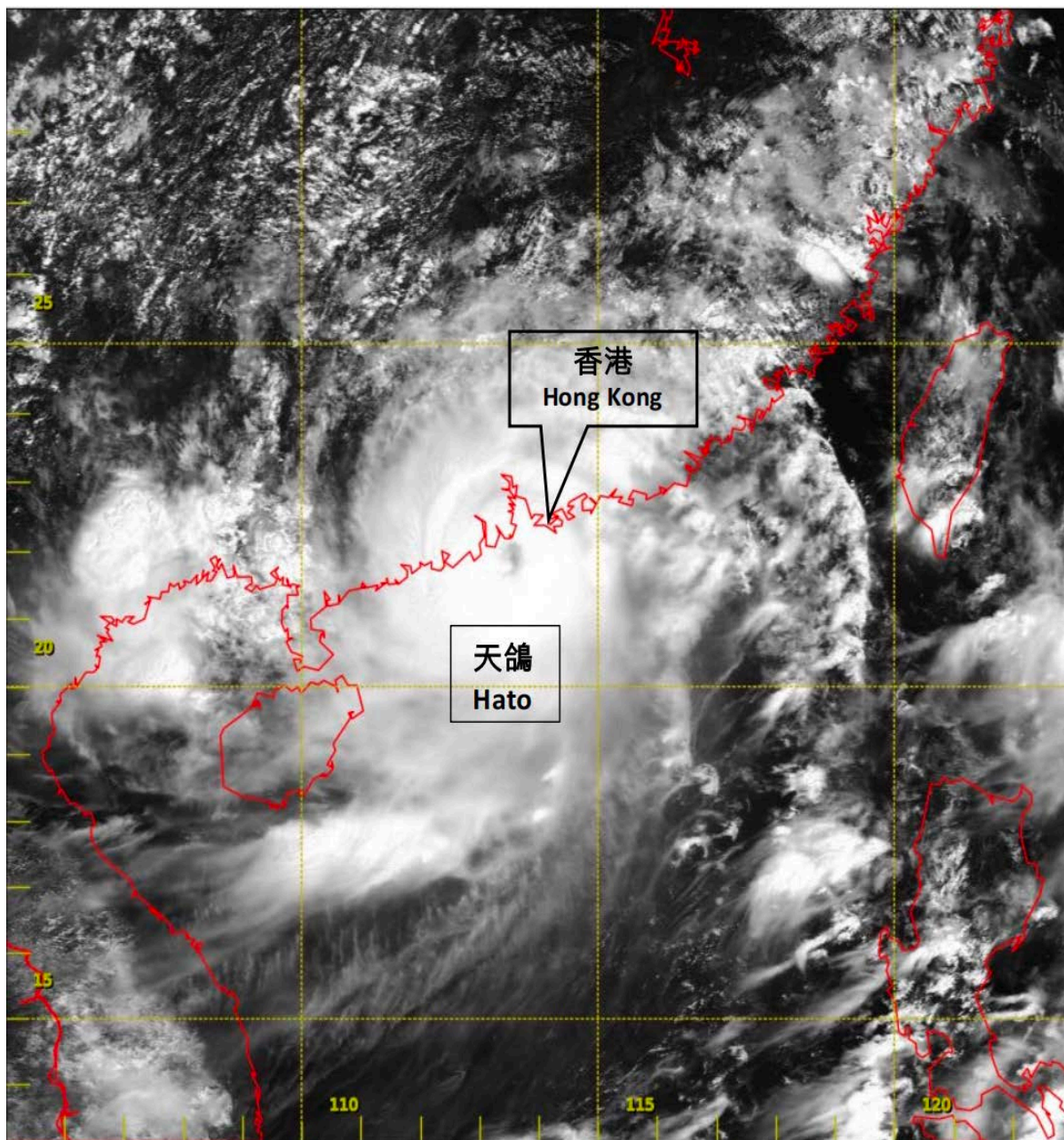


Figure 3. “Hato” Infrared satellite images taken at 11:00 am on August 23, 2017. At that time, it reached its peak intensity, and the highest sustained wind speed in the center was 185 kilometers per hour, approximately 70 kilometers southwest of the Hong Kong Observatory

图 3. 为 2017 年 8 月 23 日上午 11 时可见光卫星图片，当时天鸽达到其巅峰强度，中心最高持续风速为每小时 185 公里，距离香港天文台西南偏南约 70 公里

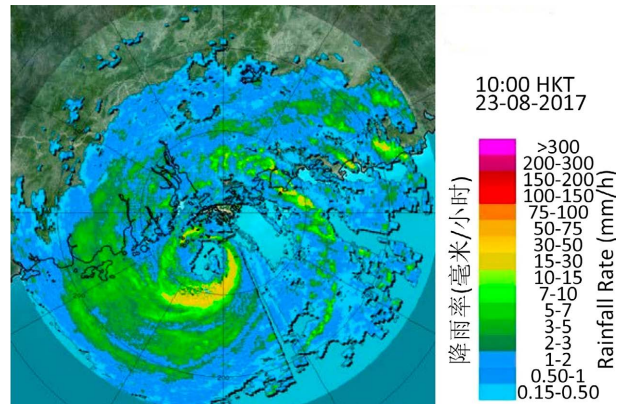


Figure 4. Weather radar map at 10:00 am on August 23, 2017, tropical cyclone “Hato” was located about 60 kilometers southwest of the Hong Kong observatory

图 4. 2017 年 8 月 23 日上午 10 时天气雷达图，此时热带气旋“天鸽”位于香港天文台西南偏南约 60 公里

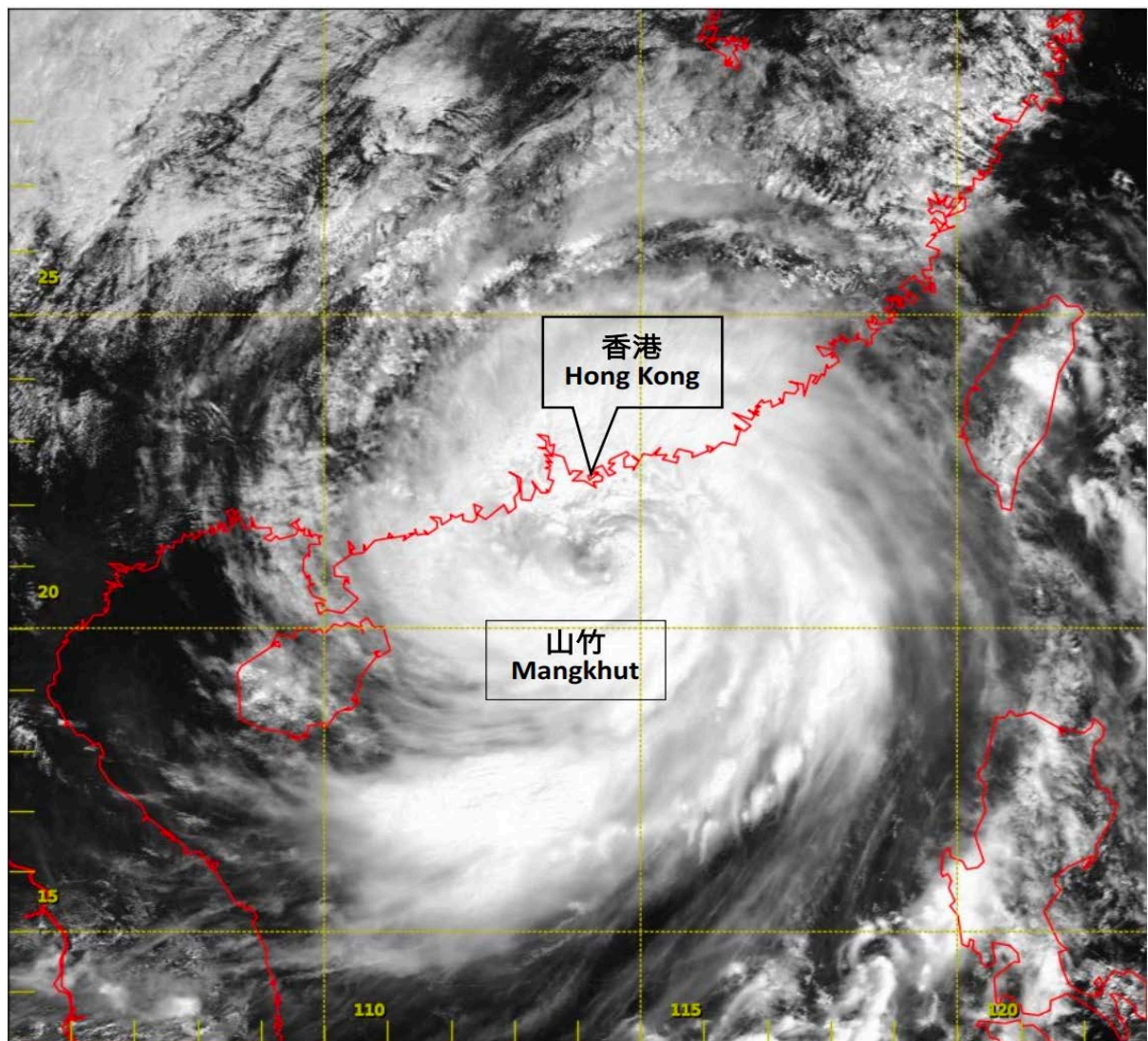


Figure 5. “Mangkhut” Infrared satellite images taken at 11:00 am on September 16, 2018

图 5. 为 2018 年 9 月 16 日上午 11 时山竹可见光卫星图片

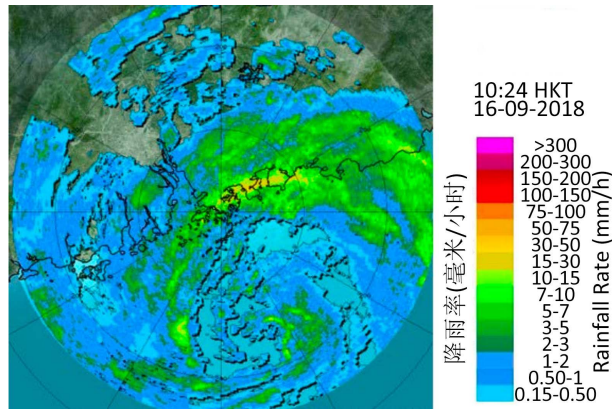


Figure 6. Weather radar map at 13:00 am on September 16, 2018, tropical cyclone “Mangkhut” was located about 100 kilometers southwest of the Hong Kong observatory

图 6. 为 2018 年 9 月 16 日下午 13 时天气雷达图，此时热带气旋“山竹”位于香港天文台西南偏南约 100 公里

Table 3. Duration time of warning signals of tropical cyclones “Hato” and “Mangkhut” affect HK

表 3. 热带气旋天鸽和山竹影响香港期间热带气旋警告信号持续时间

台风编号	八号烈风或暴风信号/h	九号烈风或暴风风力增强信号/h	十号飓风信号/h
1713 天鸽	12	6	5
1822 山竹	28	12	10

方法二：(香港天文台预警信号持续时间)

如表 3，从各级热带气旋预警信号发布的时间来看，天鸽和山竹八号烈风或暴风信号持续时间分别为 12 h 和 28 h，九号烈风或暴风风力增强信号持续时间分别为 6 h 和 12 h，十号飓风信号持续时间分别为 5 h 和 10 h。依照上述方法还原香港一地真实大风过程，考虑因素有台风移动速度及香港西北 - 东南长度。

Table 4. Duration time of sustained wind force of tropical cyclones “Hato” and “Mangkhut” affect HK

表 4. 热带气旋天鸽和山竹影响香港期间各级大风持续时间

台风编号	烈风/h	暴风/h	飓风/h
1713 天鸽	10	4	3
1822 山竹	26	12	9

如表 4，推算最终得出的各级大风持续时间，烈风、暴风、飓风，天鸽分别持续了 10 h、4 h、3 h；山竹分别持续了 26 h、12 h、9 h。

Table 5. The highest gusts and sustained wind force of tropical cyclones “Hato” and “Mangkhut” affect HK

表 5. 热带气旋天鸽和山竹影响香港期间最高阵风及最高每小时平均风速

台风编号	最高阵风 km/h (风向, HKT)	最高每小时平均风速 km/h (time)
1713 天鸽	昂坪 224 (E, 2017, 23/8, 11:07)	昂坪 131 (ENE.23/8.11:00)
1822 山竹	大老山 256 (ENE.2018.16/9.10:33)	横栏岛 158 (EN.2018.16/9.11:00)

如表 5，不管是阵风还是最高持续风速，对香港的影响，天鸽实测风速都不如山竹的影响；而在香港天文台发布的视频资料中，在天鸽影响期间，澳门的实测阵风和持续最高风速更强，而山竹较弱，这

是因为山竹登陆前后中心一度出现对流空洞，而天鸽核心结构紧密，对更接近登陆地点的澳门影响更大。

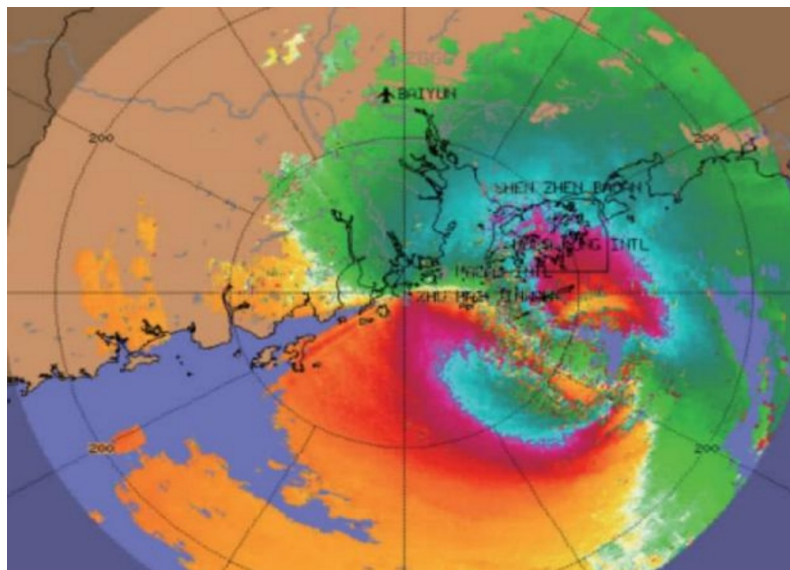


Figure 7. “Hato” radar chart
图 7. 天鸽雷达图

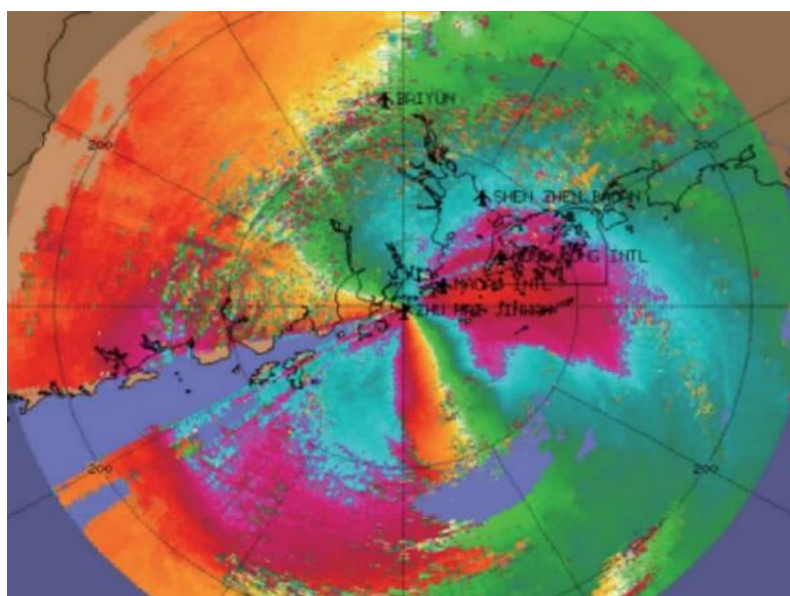


Figure 8. “Mangkhut” radar chart
图 8. 山竹雷达图

如图 7 和图 8，天鸽眼区附近的大风核明显比山竹的大风核小且结构对称，此时大风核位于海上，还未上岸，但风速极值较山竹大。山竹台风眼区不明显，大风范围广，虽然山竹还未登陆，但是其大风核已经登陆上岸，大风影响时间早，风速的大值区主要分布在台风中心附近和台风的外围螺旋雨带，且分布不对称，台风中心右侧大风范围和速度极值都明显大于左侧速度。

利用雷达的反射率因子和径向速度产品，结合台风的移向移速和自动气象站实况，可以在台风登陆之前预测其大风的影响时间、分布范围和风速大小。

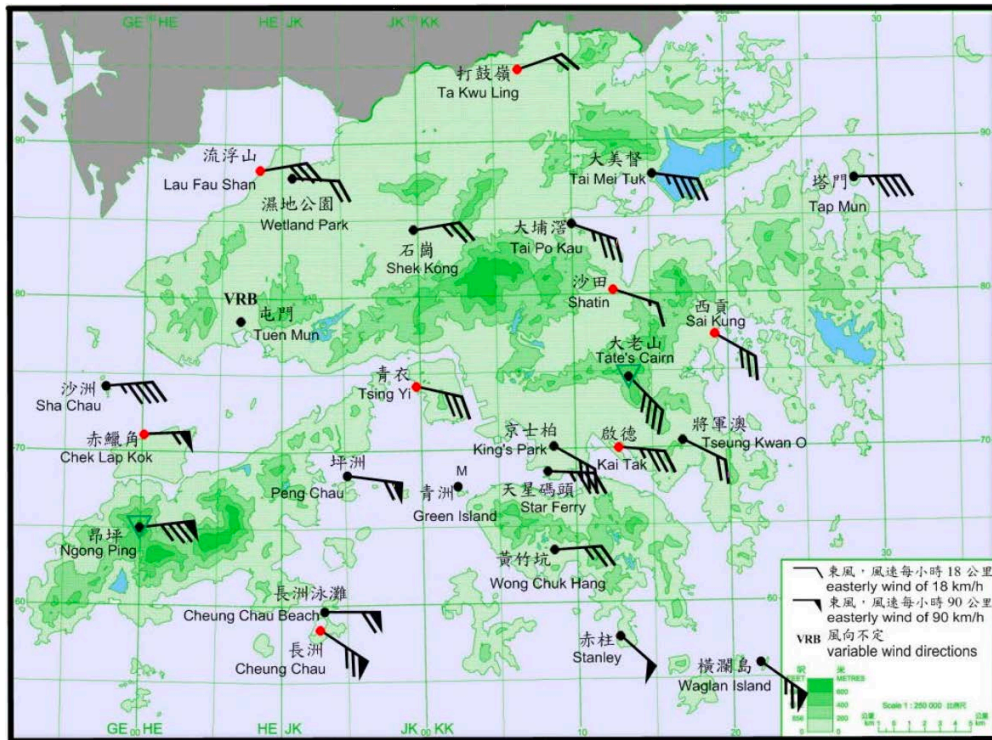


Figure 9. The distribution of sustained wind force of HK when “Hato” closest to HK observatory
图 9. 天鸽最靠近香港天文台时风力大小及风向全港分布情况

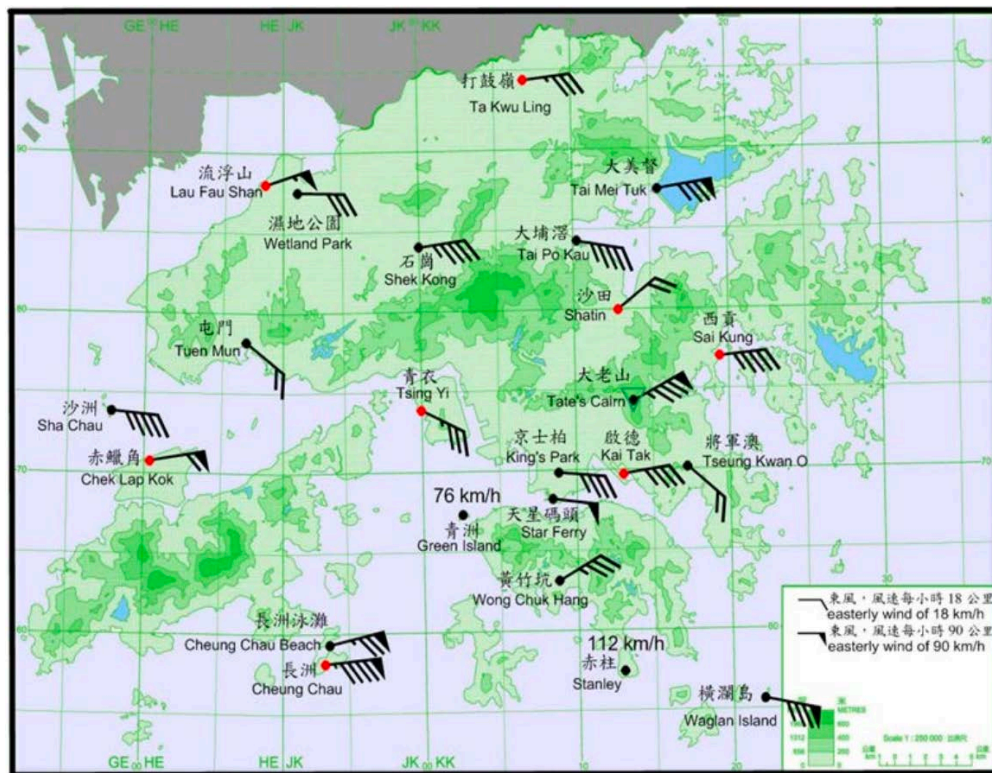


Figure 10. The distribution of sustained wind force of HK when “Mangkhut” closest to HK observatory
图 10. 山竹最靠近香港天文台时风力大小及风向全港分布情况

如图 9 和图 10 及表 5, 热带气旋“山竹”吹袭香港带来的最高阵风及最高每小时平均风速均较“天鸽”大, 这取决于“山竹”独特的风力结构。由此可见, 天鸽和山竹是分别代表不同热带气旋风场类型的典型案例。“山竹”甚至在其生命周期中就出现了这两种变化的情况; 其在横过吕宋前发展成为联合台风预报中心定义最高等级 C5, 中心最大风力出现在眼壁附近, 为 250 公里每小时, 此时螺旋雨带的风力约为 180 公里每小时。横过吕宋后其结构明显改变, 螺旋雨带变宽而中心风力减弱; 此时眼壁附近风力为 180 公里每小时, 而螺旋雨带处风力并没有随着中心风力而减弱, 增强至约 190 公里每小时。而“天鸽”则是结构紧凑, 环流细小且能量集中的热带气旋的典型代表, 其登陆前巅峰强度中心最高持续风速为每小时 185 公里, 而 100 公里外的外围螺旋雨带仅仅刚好达到烈风水平, 加上其移动迅速, 对于登陆地点附近而言, 风力会突然急剧增强, 这种类型的风暴中人们似乎更容易显得猝不及防。

4. 总结与讨论

热带气旋“天鸽”和“山竹”在生成位置(均在菲律宾以东的太平洋生成)、移动路径(受副热带高压带控制, 移动方向始终偏西)、登陆地点(珠江口西岸)及强度(靠近珠江口时风力达到超强台风下限)都有相似之处, 但是两者造成的大气风场变化及精细结构却有明显差别。

“天鸽”自身环流紧密且能量集中, 对大气风场影响范围相对较小(暴风圈半径约 80 公里), 持续时间较短(暴风仅持续约 4 小时), 风速极大值较大; “山竹”环流广阔, 登陆菲律宾东北部后, 核心对流能量略微分散至气旋距离中心 100~150 公里, 对大气风场影响范围大(暴风圈半径约 200 公里), 持续时间长(暴风持续约 12 小时), 风速极大值相对较小。

“天鸽”这类热带气旋在进入南海以后继续近岸增强, 但发展时间空间受限, 外围云系在发展过程中就受到地面摩擦力影响而减弱, 而核心区在登陆前仍持续发展并集中能量, 因此其云系结构决定了登陆前风力在短时间内急速增强, 突然到来的狂风容易让群众触不及防; “山竹”属于远洋气旋, 在菲律宾以东海域已经发展得相当成熟, 并且经过了眼壁置换过程, 核心区进一步扩张, 在广阔的洋面吸收了足够的能量, 这类热带气旋影响持续时间很长, 造成的灾害会有叠加效应, 需要群众长时间保持警惕, 以防范其大风可能造成的危险。

参考文献

- [1] 杨玉华. 我国登陆台风引起的大风分布特征的初步分析[J]. 热带气象学报, 2004, 20(6): 633-642.
- [2] 祁旭. 1011 号台风“凡亚比”路径及风雨特征分析[J]. 贵州气象, 2013, 37(2): 17-20.
- [3] 王忠东. 超强台风“罗莎”和“韦帕”大风过程对比分析[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 156-161.
- [4] 俞小鼎. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 3-5.
- [5] 胡明宝. 多普勒天气雷达资料分析与应用[M]. 北京: 解放军出版社, 2000: 90-140.
- [6] 刁秀广. CINRAD/SA 雷达风暴趋势产品在冰雹和大风预警中的应用[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 230-233.
- [7] 朱君鉴. 2006 年 6 月皖北龙卷多普勒天气雷达产品分析[J]. 气象科技, 2009, 37(5): 523-526.
- [8] 陈联寿. 西北太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 31-58, 440-488.