

刘学刚,李庆宝,张金艳,等. 近年来引发青岛暴雨的台风特征分析[J]. 气象,2011,37(9):1091-1099.

# 近年来引发青岛暴雨的台风特征分析<sup>\* 1</sup>

刘学刚<sup>1</sup> 李庆宝<sup>1</sup> 张金艳<sup>2</sup> 张苏平<sup>3</sup> 邵玲玲<sup>4</sup> 张小雯<sup>2</sup>

1 青岛市气象台,青岛 266003

2 国家气象中心,北京 100081

3 中国海洋大学海洋环境学院,青岛 266003

4 上海中心气象台,上海 200030

**提 要:** 采用 FNL(NCEP/NCAR)全球  $1^\circ \times 1^\circ$  再分析格点资料和实况观测资料,选取 2001—2008 年引发青岛暴雨的 6 个登陆台风个例,从源地、路径、结构、强度及其环境场作用等方面分析其特征,并与未引发青岛暴雨的登陆台风特征进行了合成对比分析。结果表明:台风登陆我国福建或浙江后继续北上至  $30^\circ\text{N}$  以北时,会引发青岛暴雨;台风东移入海,再次登陆山东半岛且登陆点离青岛越近,引发的暴雨越强、范围越广;台风影响青岛时,已处于生命史中的衰亡阶段,但高层暖心结构仍较明显,强度仍会维持一段时间;台风登陆后沿着南北向块状副高边缘的引导气流方向移动,且高空有冷槽与台风低压结合,会引发青岛全区性的暴雨、大暴雨天气。

**关键词:** 暴雨, 台风特征, 合成分析, 概念模型

## The Analysis on Characteristics of Recent Typhoons Causing Heavy Rainfall in Qingdao

LIU Xuegang<sup>1</sup> LI Qingbao<sup>1</sup> ZHANG Jinyan<sup>2</sup> ZHANG Suping<sup>3</sup> SHAO Lingling<sup>4</sup> ZHANG Xiaowen<sup>2</sup>

1 Qingdao Meteorological Observatory, Qingdao 266003

2 National Meteorological Centre, Beijing 100081

3 School of Oceanic Environment, Ocean University of China, Qingdao 266003

4 Shanghai Meteorological Centre, Shanghai 200030

**Abstract:** Using FNL(NCEP/NCAR) reanalysis data ( $1^\circ \times 1^\circ$ ) and observations, some characteristics of six recent tropical cyclones causing heavy rainfall in Qingdao from 2001 to 2008 are analyzed from their tracks, structures, intensities and environmental flow effects etc. Then the comparative analysis of characteristics between tropical cyclones (TCs) causing heavy rainfall and those not in Qingdao is made by using composite analysis method. Results show that heavy rainfall will occur in Qingdao when a TC makes landfall over Fujian or Zhejiang Province in China and continues to move northward over  $30^\circ\text{N}$ . And when a TC moves into the sea and makes landfall over Shandong Peninsula again, the more intense rate and wider area of heavy rainfall will occur if its landing location is closer to Qingdao. When a TC impacts Qingdao, although it is in decline stage, it still keeps a clear warm core at upper levels and maintains its intensity for a period of time. And if a TC moves along the steering flow at edge of the massive subtropical high and links with a cold trough aloft, it will cause regional heavy rainfall over Qingdao.

**Key words:** heavy rainfall, typhoon characteristics, composite analysis, conceptual model

\* 国家自然科学基金项目(编号:40505002、40775015)和青岛市气象局奥帆赛气象服务研发课题、台风暴雨专项课题共同资助  
2010 年 6 月 10 日收稿; 2011 年 2 月 23 日收修定稿  
第一作者: 刘学刚,主要从事台风暴雨的研究. Email:liuxiu1969@126.com

## 引言

台风是一种发生在热带海洋上的强烈风暴,是影响我国的主要灾害性系统之一,台风带来的强风、大暴雨和海潮对人民的生命财产造成严重威胁<sup>[1-3]</sup>,台风也是夏秋季影响山东的一种重要天气系统。台风外围或登陆减弱后的低压环流影响山东时,常常与中纬度系统结合,更易引发暴雨和大暴雨,雨量常达 100~200 mm<sup>[4]</sup>。因而,近年来对影响山东的台风暴雨相关研究较多:赵宇<sup>[5-6]</sup>、高留喜<sup>[7]</sup>等通过诊断和数值模拟的方法分析了登陆北上台风造成山东暴雨的形成机制,台风的远距离作用有时也会导致山东暴雨<sup>[8-11]</sup>。青岛作为重要的帆船训练和比赛城市,位于山东半岛东南部,纬度较高,一般受台风影响较小,但当台风登陆后一直北上,或重新入海加强后再次登陆山东半岛,或入海后转向朝鲜半岛,都将给青岛带来不同程度的影响,甚至会引发青岛全区性的暴雨、大暴雨天气,在实际业务中预报难度较大。

本文选取 2001—2008 年夏秋季引发青岛全区性暴雨的 6 个登陆台风个例,分析其路径、结构、强度等方面的特征及其与环境场共同作用对青岛暴雨的影响,并与未引发青岛暴雨的台风特征进行了对比分析,初步给出了引发青岛暴雨的概念模型,以期对青岛台风预报和帆船赛事服务提供参考。

## 1 资料和方法

本文使用 2001—2008 年 FNL(NCEP/NCAR)全球再分析格点资料,结合从我国东南沿海登陆并引发青岛出现全区性暴雨或大暴雨的 6 个台风个例实况观测资料,运用诊断和合成对比分析的方法,对近年来引发青岛暴雨的台风进行分析研究。FNL 全球再分析格点资料的水平分辨率为  $1^\circ \times 1^\circ$ ,垂直 26 层,时间分辨率 6 h,即逐日 00 时、06 时、12 时和 18 时(世界时,下同)。定义青岛地区降水开始时间为台风开始影响青岛的时间,降水开始至降水全部结束为台风影响青岛的时段。6 个台风的名称和影响青岛的时段在下文的表 1 和表 2 中给出。

文中采用合成分析的方法,对比分析了台风引

发和未引发青岛暴雨时的 500 hPa 环境场不同特征。因引发青岛暴雨时台风的位置相近,因此在合成分析时,对引发青岛暴雨的 6 个台风个例开始影响青岛时的 500 hPa 高度场(温度场)进行求和再求平均,得到合成的 500 hPa 高度场(温度场),即台风引发青岛暴雨时的 500 hPa 环境场。按同样方法得到未引发暴雨的台风开始影响青岛时的 500 hPa 环境场。两者进行对比分析,找出台风是否引发青岛暴雨的不同环流特征。

## 2 青岛 6 个台风暴雨简述

2001—2008 年夏秋季引发青岛全区性暴雨的 6 个登陆台风概况<sup>[12]</sup>(表 1、表 2)如下:

0807 号台风海鸥于 2008 年 7 月 13 日上午在菲律宾以东洋面生成,20 日凌晨从江苏如东进入黄海南部海面。受其影响,7 月 19 日至 20 日,青岛、即墨、平度、莱西 4 市出现暴雨,最大降雨量 223.9 mm。0808 号台风凤凰于 2008 年 7 月 26 日下午在台湾东部海域发展成台风,30 日上午位于江西省波阳县境内,并逐渐减弱为热带低压,最后消失。受其外围影响,7 月 30 日至 31 日,即墨、莱西两市出现暴雨过程,最大降雨量 99.9 mm。0713 号台风韦帕于 2007 年 9 月 15 日上午在西北太平洋洋面生成,北上穿过山东半岛东部后,在黄海北部变性为温带气旋。受台风韦帕和西风槽、副热带高压的共同影响,9 月 19 日至 20 日,青岛市出现全区性大暴雨、局地特大暴雨过程。青岛市降雨量超过 200 mm,最大降雨量 336.8 mm,创下自有气象记录以来,青岛市大暴雨覆盖面积的新纪录。0515 号台风卡努于 2005 年 9 月 5 日上午生成,13 日在黄海中部变性为温带气旋,逐渐移向韩国。受其影响,9 月 12 日中午至 13 日凌晨,青岛市中南部地区出现暴雨、大暴雨、局地特大暴雨过程。其中青岛和即墨大暴雨,崂山、胶南和胶州暴雨,最大降雨量 339.9 mm。0509 号台风麦莎于 2005 年 7 月 30 日晚上生成,8 月 8 日上午进入山东省,下午变性为温带气旋,当晚移入渤海海面。9 日早晨再次登陆辽宁省大连,下午消亡。受其影响,8 月 7 日下午至 8 日晚,青岛、崂山和胶南 3 市出现大暴雨,胶州、即墨和莱西 3 市暴雨,平度市大到暴雨,最大降雨量 189.3 mm。

表 1 引发青岛暴雨的 6 个台风概况

Table 1 The list of 6 TCs causing heavy rainfall in Qingdao

年份	台风编号	中文名	英文名	生成时间	生命史/h	最大风速/ $m \cdot s^{-1}$
2008	0807	海鸥	Kalmaegi	2008 年 7 月 13 日 00 时	234	33
2008	0808	凤凰	Fung-wong	2008 年 7 月 24 日 00 时	186	45
2007	0713	韦帕	Wipha	2007 年 9 月 15 日 00 时	138	55
2005	0515	卡努	Khanun	2005 年 9 月 5 日 00 时	204	50
2005	0509	麦莎	Matsa	2005 年 7 月 30 日 12 时	234	45
2001	0108	桃芝	Toraji	2001 年 7 月 25 日 06 时	192	40

表 2 6 个台风引发青岛地区暴雨的过程降雨量 (单位:mm)

Table 2 The list of total amounts for 6 TCs causing heavy rainfall in Qingdao (unit:mm)

影响时段	影响时强度/ $m \cdot s^{-1}$	影响时是否变性	青岛	崂山	胶南	胶州	即墨	平度	莱西	最大降雨量
海鸥 2008 年 7 月 19—20 日	18	未变性	54.3	14.2	12.0	45.8	50.2	60.5	58.9	223.9 (莱西市北墅)
凤凰 2008 年 7 月 30—31 日	23	未变性	7.4	38.6	5.1	8.3	69.1	10.7	9.0	99.9 (莱西市院上)
韦帕 2007 年 9 月 19—20 日	20	未变性	206.2	192.3	191.0	171.7	191.0	82.2	158.7	336.8 (即墨市鳌山卫)
卡努 2005 年 9 月 12—13 日	20	变性	106.6	80.4	99.1	70.2	100.4	14.2	37.9	339.9 (崂山区青峰顶)
麦莎 2005 年 8 月 7—8 日	20	变性	141.2	121.8	119.0	95.8	94.4	44.2	67.2	189.3 (崂山区青峰顶)
桃芝 2001 年 8 月 1 日	15	变性	219.1	147.2	183.6	211.3	151.6	171.5	88.9	387.0 (崂山区北九水)

0108 号台风桃芝,2001 年 7 月 25 日下午生成于菲律宾以东洋面上,在山东半岛海阳县境内再次登陆并产生大范围的大暴雨和局地特大暴雨的重大灾害性天气。受其影响,8 月 1 日青岛市全区普降暴雨、大暴雨、局地特大暴雨。其中,除了莱西市出现暴雨外,其余 6 个市均出现大暴雨,青岛、胶州两市降雨量均超过 200 mm,最大降雨量 387.0 mm。

### 3 引发青岛暴雨的台风活动特征

#### 3.1 6 个台风的源地、时间和移动路径特征

从表 1 和引发青岛暴雨的 6 个登陆台风的路径(图 1,为更清楚地显示台风影响青岛时段的路径,将图 1 分为 a、b 两张图,每张图画 3 条台风路径)<sup>[13]</sup>可以看出:

(1) 6 个台风都是在菲律宾群岛以东及琉球群岛附近的西北太平洋洋面生成,但生成时位置略有不同:台风凤凰和韦帕纬度偏北,生成于琉球群岛附近洋面;其他 4 个台风纬度偏南,主要生成于菲律宾群岛以东洋面。引发青岛暴雨的台风一般出现在 7

月中下旬和 9 月上中旬,生命史较长,一般为 5~10 天。影响青岛时台风大致位于  $30^{\circ} \sim 38^{\circ}N$ 、 $116^{\circ} \sim 127^{\circ}E$  的区域内(下文简称为影响区域)。

(2) 6 个台风的移动路径非常相近,登陆前,都沿着西北行路径移动,而且路径大多处于一狭窄的带状范围内;都在我国东南部的浙江至福建沿海登陆;登陆后基本上都由西北行路径顺时针旋转,先转向北行,再转向北偏东或东北。台风凤凰因生成时位置偏北,纬度较高,海水温度相对较低,其生成后的强度不太强,登陆后强度减弱较快,且没有更多的能量使其转向北推进,最终在江西境内减弱为热带低压并填塞,因此引发青岛暴雨较弱。台风麦莎登陆后先转向北行而后转为北偏东方向移动,穿过山东半岛西部从东营入渤海,尔后转向东北登陆大连,最后减弱消失。“海鸥”、“韦帕”、“卡努”和“桃芝”登陆后转向北偏东或东北方向移动,在江苏东部沿海重新入海加强,其中,“韦帕”和“桃芝”重新入海加强后再次登陆山东半岛(“韦帕”登陆威海南部,“桃芝”登陆烟台海阳);“海鸥”和“卡努”在江苏东部沿海重新入海后继续向东北移向朝鲜半岛。

(3) 有 3 个台风(韦帕、麦莎和桃芝)移动路径

都经过山东半岛,“韦帕”和“桃芝”从青岛东部登陆,“麦莎”从青岛西部经过,其中“桃芝”再次登陆时距离青岛最近。结合表 1 可以看出,3 个经过山东半岛的台风对青岛的影响比其他 3 个未经过半岛的台风相对较大,引发青岛暴雨的范围更大、强度更强,其中登陆点离青岛最近的台风桃芝对青岛影响最大,引发青岛全区大暴雨(只有莱西本站未达到大暴雨量级,但已很接近),过程最大降雨量高达 387.0 mm(崂山区北九水自动站);台风凤凰相对青岛暴雨发生的地点(即墨、莱西)位置较远,主要受台风低压倒槽顶部影响而产生暴雨。

(4) 引发青岛暴雨的 6 个登陆台风,影响青岛时“卡努”、“麦莎”和“桃芝”已变性为温带气旋,而“海鸥”、“凤凰”和“韦帕”一直未发生变性。变性台风影响青岛时引发全区性的暴雨、大暴雨天气,未变性台风主要引发局地性的暴雨、大暴雨天气,但台风韦帕却引发了全区性的暴雨、大暴雨天气;变性台风

影响青岛时以北上路径为主,也有东北转向路径,而未变性台风主要为东北向路径;变性与未变性台风在影响青岛时的位置、结构、强度以及高空环流形势等方面基本上无差别(表略)。

综合分析表明,引发青岛暴雨的台风路径基本为夏秋季在西北太平洋洋面生成后,先沿着西北行路径,从我国东南浙江至福建沿海登陆后,再转向北行,然后转向北偏东或东北方向移动;若经过山东半岛,则对青岛影响相对较大,若从江苏东部入海重新加强后再次登陆山东半岛,则对青岛的影响更大,再次登陆山东半岛的登陆点离青岛越近,引发青岛暴雨的范围越大、强度越强;重新入海加强再次登陆半岛的台风对青岛的影响比直接沿陆地穿过半岛的台风更大;远距离影响青岛的台风仅使青岛产生局地性的暴雨天气;台风进入影响区域并处于合适的环流形势下,无论台风变性与否,都会引发青岛暴雨。

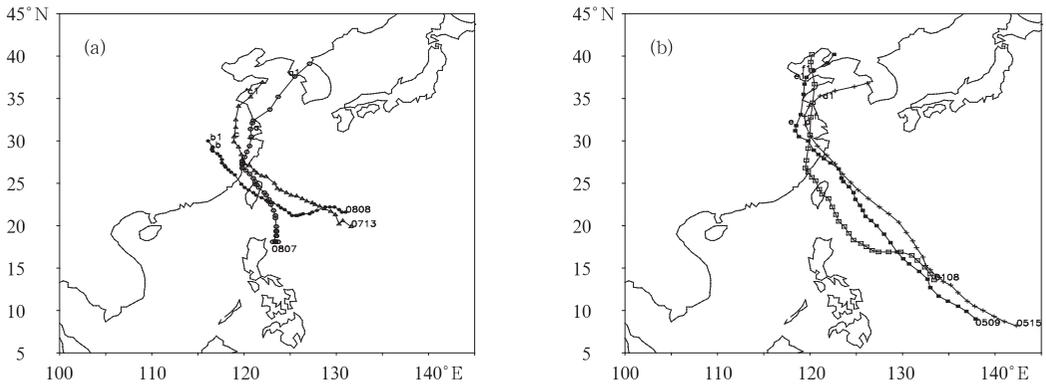


图 1 2001—2008 年影响青岛降水的 6 个台风路径

■、●、□、○、+、△ 分别表示台风海鸥、凤凰、韦帕、卡努、麦莎及桃芝的路径,  
a—al、b—bl、c—cl、d—dl、e—el、f—fl 分别表示台风海鸥、凤凰、韦帕、卡努、麦莎及桃芝影响青岛的时段

Fig. 1 The tracks of 6 TCs causing heavy rainfall in Qingdao from 2001 to 2008

■、●、□、○、+ and △ indicate the tracks of Kalmaegi, Fung-wong, Wipha, Khanun, Matsa and Toraji respectively; a—a1, b—b1, c—c1, d—d1, e—e1 and f—f1 indicate the periods of impacting Qingdao of Kalmaegi, Fung-wong, Wipha, Khanun, Matsa and Toraji respectively

### 3.2 台风引发青岛暴雨时的环境场

采用合成分析的方法得出台风引发青岛暴雨时的 500 hPa 环境场(图 2a),可以看出:引发青岛暴雨时,台风低压中心位于 30°N 以北,其东部的副高为南北向的块状高压,且主体位于海上;西北部有较浅的西风槽,并有冷空气与之配合。台风热低压沿着块状副高西部边缘北上时,副高东撤,高空西风槽东

移,台风低压与西风槽结合,冷空气侵入热低压,引发青岛全区性的暴雨、大暴雨天气。

### 3.3 台风影响青岛时相关物理量场

降雨量与低层水汽正相关。水汽是形成降水的最基本条件之一,任何一场暴雨,尤其是持续性的大暴雨,都必须有水汽的集中和源源不断的水汽供应,而形成暴雨所需的水汽辐合来自于底层水汽的输

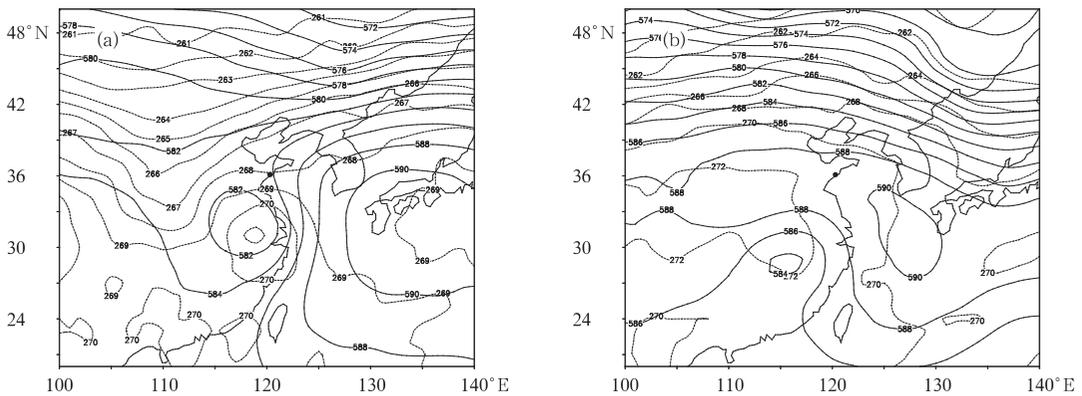


图2 台风引发(a)和未引发(b)青岛暴雨时500 hPa合成环流形势  
实线:高度场,虚线:温度场

Fig. 2 Composite analysis of circulation situations at 500 hPa between  
TCs causing heavy rainfall (a) and those not (b) in Qingdao  
solid line for height in dagpm, dashed line for temperature in K

送<sup>[14]</sup>。图3给出了6个台风开始影响青岛时对流层低层的风场、相对湿度场以及低层和高层的散度场变化情况。由850 hPa风场图可以看出,青岛位于台风的东北象限,受台风前部的东南气流影响非常明显,旺盛的东南气流从海上带来大量的水汽,并源源不断地向青岛地区输送,使该地区集中了充足的水汽,满足了暴雨形成的水汽条件。特别地,台风桃芝和韦帕影响时海上为一致的偏南急流,使水汽输送异常充分,引发了青岛全区性的大暴雨、特大暴雨,这在700 hPa相对湿度场中也得到反映,受台风影响时,除海鸥和麦莎影响时青岛地区相对湿度略小外,其余台风影时青岛地区的相对湿度都在90%以上,台风桃芝影响时,相对湿度竟达95%以上,这也是“桃芝”影响时青岛过程降雨量最大的原因之一。“麦莎”影响时湿度较小是因为“麦莎”一直沿着相对较为干燥的陆地移动。

从1000 hPa和200 hPa散度场图可以看出,青岛地区对流层低层散度均为负值,而高层的散度均为正值,说明台风影响时,青岛地区对流层低层为明显的辐合,高层则为明显的辐散,有利于暴雨的发展、加强。台风韦帕和桃芝影响时,对流层高层的正散度值更大,高层辐散更强。由此可见,青岛附近对流层低层源源不断的水汽供应,并且使低层具有足够大的湿度,同时也产生非常明显的低层辐合、高层辐散,从而引发青岛出现全区性的暴雨、大暴雨天气。

### 3.4 6个台风影响青岛时暖心结构特征

最近研究表明:在台风的不同发展阶段,其大气

边界层相对涡度场和温度场的结构有着明显的不同特征;台风暖中心与正涡中心的距离与台风强度为反相关关系,即暖中心与正涡中心的距离越小,台风强度越强,反之亦然<sup>[15]</sup>。图4分别给出了6个台风开始影响青岛时300 hPa温度场和相对涡度场的结构特征。可以看出,台风海鸥、韦帕、卡努以及麦莎在对流层高层,暖中心和正涡中心的距离很接近,两中心强度较强,台风仍维持着明显的暖心结构;台风凤凰和桃芝在对流层高层,暖中心和正涡中心的距离相距略远,两中心稍有些分离,强度略有减弱,但台风的暖心结构仍然可以看出。由此可见,台风影响青岛时,其在对流层高层仍维持着较为明显的暖心结构。

## 4 未引发青岛暴雨的台风活动特征

统计了2001—2008年登陆我国大陆但并未引发青岛暴雨的台风个例。该时段内登陆我国大陆的台风共有30个(不包括引发青岛暴雨的6个台风),其中登陆广东的台风19个,登陆福建和浙江的台风11个<sup>[12]</sup>。由于登陆广东的台风位置极其偏南,且登陆后减弱消失较快,对青岛基本不构成影响,因此,本节只分析了该时段有可能产生影响但并未引发青岛暴雨的11个台风(表略)。这些台风的源地都在菲律宾群岛以东及马利亚纳群岛附近洋面;发生日期为6—10月,主要集中在7、8月份;台风强弱不同,其生命史有长有短;台风的登陆地点为福建和浙江沿海地区;台风以西北行移动路径为主,基本在

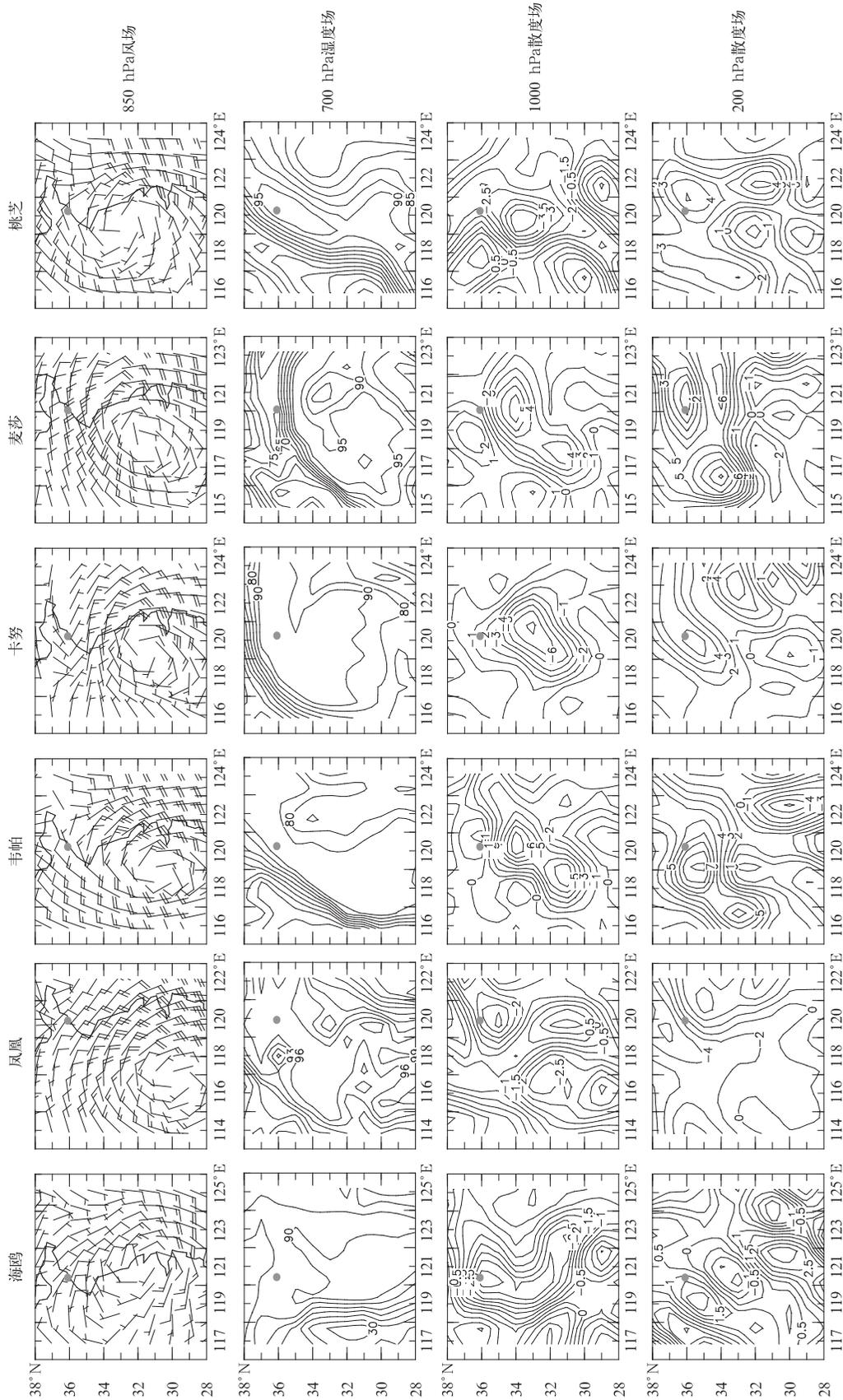


图3 6个台风开始影响青岛时不同物理量场的结构

850 hPa风场, 单位:  $m \cdot s^{-1}$ ; 700 hPa相对湿度场, 单位: %; 1000、200 hPa散度场, 单位:  $10^{-5} s^{-1}$ ; 6个台风开始影响青岛时间同图2

Fig.3 The structures of physical parameter fields for 6 TCs at the beginning time of impacting Qingdao.

The first row is 850 hPa wind, unit:  $m \cdot s^{-1}$ ; the second row is 700 hPa humidity, unit: %; the third and fourth rows are 1000 hPa and 200 hPa divergence, unit:  $10^{-5} s^{-1}$ ; the first column to sixth column indicates Kalmaegi, Fung-wong, Wipha, Khanun, Matsa and Toraji respectively, the beginning time of heavy rainfall in Qingdao for 6 TCs is the same as in Fig.2

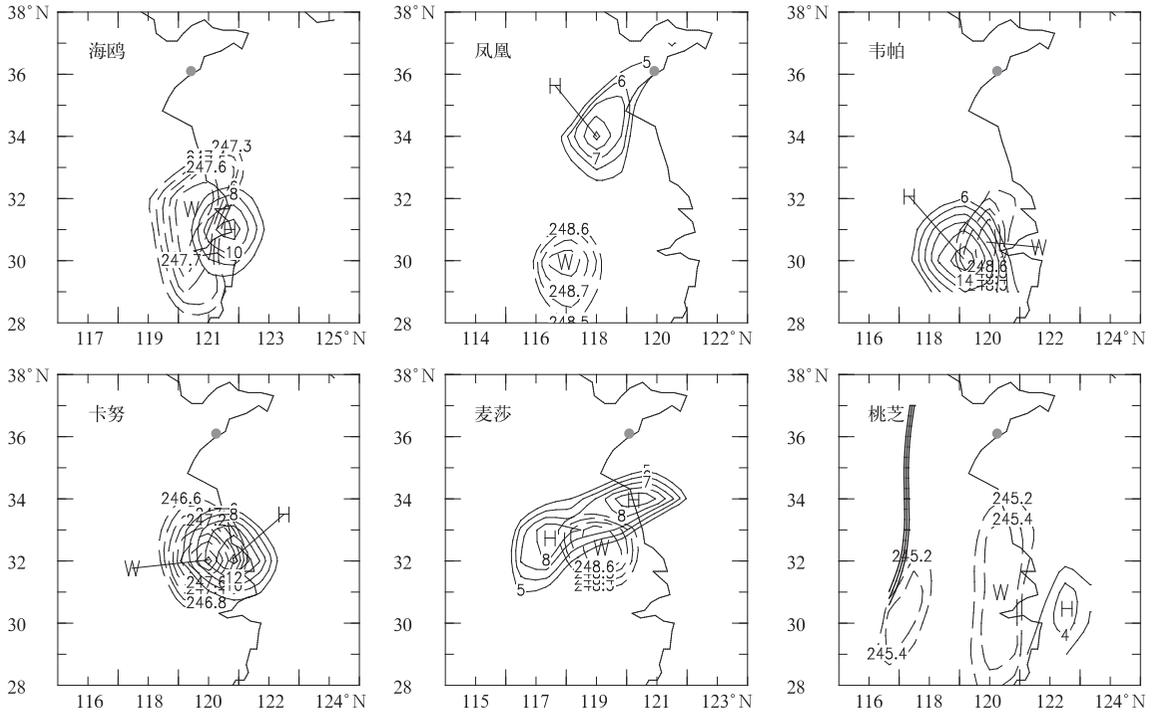


图 4 6 个台风开始影响青岛时 300 hPa 相对涡度场和温度场

H: 正涡中心, W: 暖中心, 等值线实线: 涡度场, 单位:  $10^{-5} s^{-1}$ ; 虚线: 温度场, 单位: K;

台风海鸱、凤凰、韦帕、卡努、麦莎及桃芝开始影响青岛时间分别为: 2008 年 7 月 19 日 12 时、2008 年 7 月 30 日 00 时、2007 年 9 月 19 日 12 时、2005 年 9 月 12 日 00 时、2005 年 8 月 7 日 06 时、2001 年 8 月 1 日 00 时

Fig. 4 The vorticity and temperature at 300 hPa for 6 TCs at the beginning time of impacting Qingdao

H indicates positive vorticity center, W indicates warm center; solid lines are vorticity, unit:  $10^{-5} s^{-1}$ ; dashed lines are temperature, unit: K; the beginning time of heavy rainfall in Qingdao by Kalmaegi, Fung-wong, Wipha, Khanun, Matsa and Toraji is at 12 UTC 19 July 2008, 00 UTC 30 July 2008, 12 UTC 19 September 2007, 00 UTC 12 September 2005, 06 UTC 7 August 2005 and 00 UTC 1 August 2001 respectively

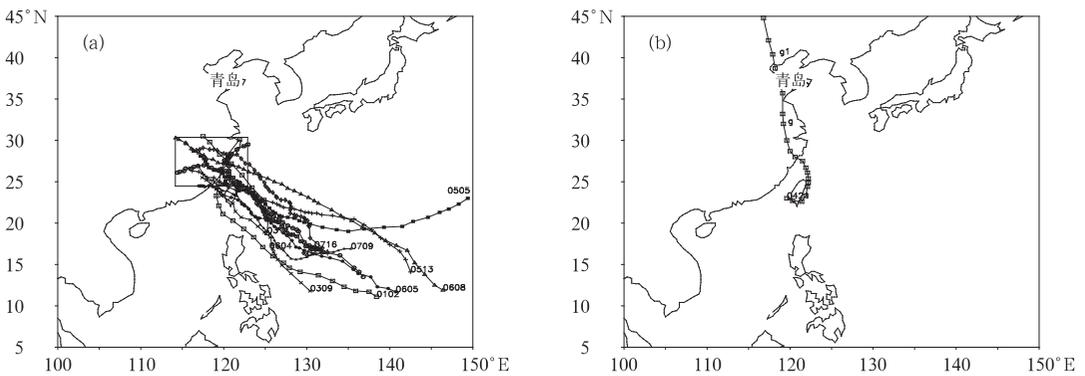


图 5 2001—2008 年登陆福建和浙江的台风路径(a)和 0421 号热带风暴海马的移动路径(b)

不含引发青岛暴雨的 6 个台风; g—g1 表示海马影响青岛的时段

Fig. 5 The tracks of TCs making landfall over Fujian and Zhejiang from 2001 to 2008 (a) and the track of Tropical Storm Haima (0421) (b)

The above tracks have not included 6 TCs causing heavy rainfall in Qingdao; g—g1 indicates the period of impacting Qingdao of Haima

30°N 以南的华东内陆或沿海减弱消失(图 5a)。可能产生影响但并未引发青岛暴雨的台风大致位于 24°~30°N、114°~123°E 的区域内(图 5a 中方框所示)。

合成分析台风未引发青岛暴雨时的 500 hPa 环境场(图 2b),发现:未引发青岛暴雨的台风减弱消失前,低压中心位于 30°N 以南,其北部为东西向的带状高压(青岛位于高压带中),呈现北高南低的环流形势。受带状高压南侧偏西气流引导,台风以西行路径为主,受地形摩擦作用影响,且缺乏足够的水汽供应,台风逐渐减弱消失,无法继续北上引发青岛暴雨。

统计时段内,0421 号台风海马是一个近海热带风暴,移动路径(图 5b)与引发青岛暴雨的部分台风(桃芝、麦莎)路径(图 1b)十分相似,都是在我国东南沿海登陆后一直北上。受海马减弱的低气压和西来冷空气的共同影响,2004 年 9 月 14—15 日,青岛全区仅出现中到大雨,最大降雨量 27.6 mm(表略)。

尽管海马与引发青岛暴雨的部分台风路径相似,但是二者在发生时间、源地、强度、结构等方面存在明显不同:“海马”发生时间为 9 月中旬,生命史较

短,台风桃芝和麦莎发生时间均为 7 月下旬,生命史较长;“海马”生成源地为台湾西南附近的南海海面,“桃芝”和“麦莎”源地都在菲律宾群岛以东洋面;“海马”强度较弱,中心最大风速  $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而“桃芝”和“麦莎”强度很强,中心最大风速均在  $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上(表 1);“海马”影响青岛时,在对流层高层,没有较为明显的正涡中心,也没有暖中心,只有较弱的暖区(图 6a),说明台风并没有发展到对流层高层,其强度较弱。而“桃芝”和“麦莎”在对流层高层仍维持着较为明显的暖心结构,台风强度仍然较强(图 2)。

分析上述 3 个台风(桃芝、麦莎、海马)影响青岛时环流形势的共同点为:台风东部均为南北向的块状副热带高压,且西部有较为明显的冷槽,呈典型的东高西低形势,台风低压沿着块状高压西部边缘自南向北移动;不同点为:“海马”(图 6b)独立的低压结构已消失,和西风槽合并为一低压,低压位于 115°E 以西,仅给青岛带来全区性的中到大雨;而“桃芝”和“麦莎”仍具有独立的低压结构特征,低压位于 115°E 附近或以东,其北上与冷空气结合从而引发青岛全区性的暴雨天气过程(图略)。

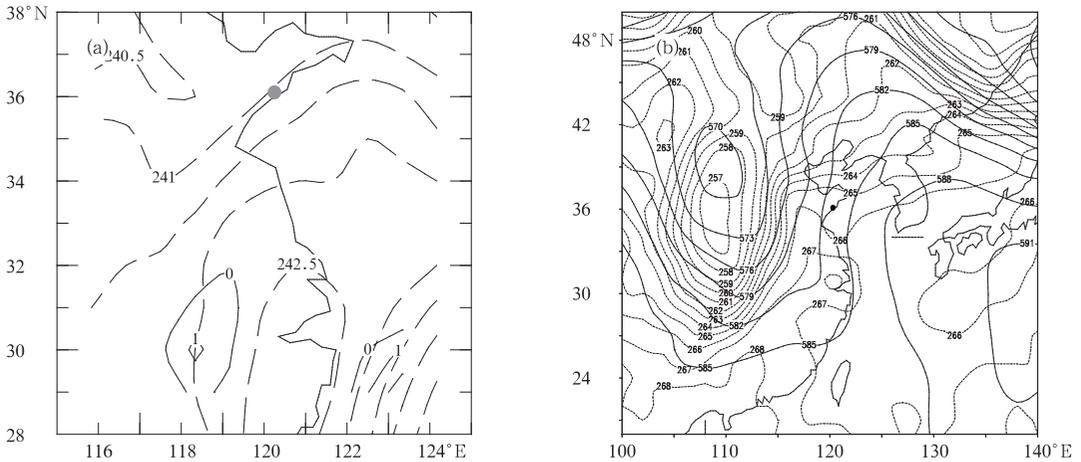


图 6 台风海马开始影响青岛时 300 hPa 相对涡度场和温度场(a)及 500 hPa 环流形势(b)

实线:高度场,虚线:温度场;台风海马开始影响青岛时间:2004 年 9 月 14 日 00 时,其他说明同图 2

Fig. 6 Vorticity and temperature fields at 300 hPa (a) and circulation situation at 500 hPa (b)

for Haima at the beginning time of impacting Qingdao

solid line is height, dashed line is temperature; the beginning time of heavy rainfall

in Qingdao is at 00 UTC 14 September 2004, the other legend is the same as in Fig. 2

## 5 结 论

通过分析近年来引发青岛暴雨的 6 个登陆台风

个例的源地、路径、结构、强度及其与环境场作用,以及与未引发青岛暴雨的登陆台风特征进行合成对比分析,初步给出台风引发青岛暴雨的概念模型。

青岛台风暴雨出现时间一般为 7 月中下旬和 9

月上中旬;台风在菲律宾群岛以东及琉球群岛附近洋面上生成后,沿西北行路径登陆我国福建或浙江后继续北上至 $30^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{N}$ 、 $116^{\circ}\sim 127^{\circ}\text{E}$ 的区域;台风从江苏东部入海重新加强后北上或西北上再次登陆山东半岛时对青岛的影响比直接沿陆地穿过半岛的台风更大,且再次登陆山东半岛的登陆点离青岛越近,引发青岛暴雨的范围越大、强度越强;远距离影响青岛的台风仅使青岛产生局地性的暴雨天气;台风影响青岛时,其在对流层高层仍维持着较为明显的暖心结构,强度仍会维持一段时间;台风登陆后沿着南北向块状副高边缘的引导气流方向移动,高空有冷槽与台风低压结合,台风带来的大量暖湿空气遇冷凝结,引发青岛暴雨天气过程;台风进入影响区域并处于合适的环流形势下,无论台风变性与否,都会引发青岛暴雨。

## 参考文献

- [1] 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京:科学出版社, 1979:1-9.
- [2] 罗哲贤. 台风轴对称环流和非轴对称扰动非线性相互作用的研究[J]. 中国科学 D 辑, 2003, 33(7): 686-694.
- [3] 徐晶,李伟华. 台风强降雨诱发地质灾害的雨量特征分析[J]. 气象, 2009, 35(8): 42-48.
- [4] 曹钢锋,张善君,朱官忠,等. 山东天气分析与预报[M]. 北京:气象出版社, 1988:65-77.
- [5] 赵宇,杨晓霞,孙兴池. 影响山东的台风暴雨天气的湿位涡诊断分析[J]. 气象, 2004, 30(4): 15-20.
- [6] 赵宇,龚佃利,刘诗军,等. “99. 8”山东特大暴雨形成机制的数值模拟分析[J]. 高原气象, 2006, 25(1): 95-104.
- [7] 高留喜,丛春华,李本亮. 非地转湿 Q 矢量在北上台风“桃芝”造成山东大暴雨中的应用[J]. 热带气象学报, 2008, 24(5): 533-538.
- [8] 孙兴池,陈金敏,刁秀广,等. 一次远距离台风暴雨过程分析[J]. 气象, 2009, 35(5): 34-41.
- [9] 张少林,龚佃利,陈晓红,等. 热带气旋远距离暴雨过程的诊断分析[J]. 气象, 2006, 32(4): 29-33.
- [10] 杨晓霞,陈联寿,刘诗军,等. 山东省远距离热带气旋暴雨研究[R]. 第十四届全国热带气旋科学讨论会, 2007.
- [11] 赵钢,杨瑞锋,张艳,等. 山东一次远距离台风暴雨分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 8057-8059.
- [12] 中国台风网. <http://www.typhoon.gov.cn/>.
- [13] 中国气象局. 热带气旋年鉴[M]. 北京:气象出版社, 2001、2005、2007、2008.
- [14] 彭春华,雷荔嫫,王丽,等. 湖北省梅雨期暴雨研究概述[J]. 暴雨·灾害(七), 2004, 10, 37-43.
- [15] 刘学刚,罗哲贤,滕代高,等. 不同发展阶段台风大气边界层暖区变化特征[J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(3): 320-327.