

## 香港机场附近海域近 20 a 大风过程统计分析

刘凯<sup>1,2</sup>, 宋晓姜<sup>1</sup>, 王彰贵<sup>1</sup>, 于海鹏<sup>1</sup>, 郭安博宇<sup>1</sup>

(1. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

**摘 要:** 利用香港赤腊角的自动气象站观测资料, 对香港机场附近海域近 20 a 大风过程进行统计分析。结果表明: 年平均大风日数为 35 d。6 级以上大风过程为 21.6 次, 4 个季节均有发生, 但主要集中在冬、春两季; 7 级以上大风过程为 4.8 次, 8 级以上大风过程为 1.3 次, 7—8 级大风过程主要集中在夏、秋两季, 冬季没有 8 级以上大风过程。冷空气、对流性天气、台风和西南季风是影响该区域的主要天气系统, 其中又以冷空气最为频繁。不同路径冷空气对施工海域的影响存在显著差异, 东路冷空气易造成偏东风大风, 过程持续时间最长, 西路和中路冷空气易造成偏北风大风, 过程持续时间较短。台风影响香港机场附近海域的时间主要集中在 7—9 月。

**关键词:** 香港机场; 大风过程; 影响天气系统

**中图分类号:** P732.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2020)05-0067-09

### 1 引言

随着沿海经济社会的快速发展, 我国沿海和近海区域大型建设项目日趋增多。跨海大桥和海上风电场建设已拓展到离岸更远的区域。近海海面强风特性无疑是海岸和近海区域工程项目抗风设计、施工安全要求和未来经济发展规划所关注的重要自然因素之一<sup>[1]</sup>。例如 2017 年竣工的港珠澳大桥, 其海底隧道沉管对接施工现场对海洋环境的要求极为苛刻, 海面风不超过 5 级, 有效波高不超过 0.8 m, 这对海洋环境预报提出了非常高的要求。

为保证海上作业和港口作业等施工安全, 精细化天气预报服务迫在眉睫。考察大风天气过程中不同沿海地区和海域风力分布状况, 掌握大风出现及其活动的规律, 是海上风力精细化天气预报服务的前提<sup>[1]</sup>, 同时也对沿海城市和港口地区大风气候特征的研究具有重要意义。针对不同区域的大风分布特征, 无论是内陆的新疆维吾尔自治区等受寒潮大风影响较严重的区域, 还是渤海、黄海和东海海域, 我国气象工作者都开展了大量的研究<sup>[2-9]</sup>。

在华南沿海区域, 覃庆第等<sup>[1]</sup>利用北部湾代表站及北部湾北岸的气象观测站资料对 2010—2016 年冬半年 7 级以上偏北风进行分析。该文总结了北部湾沿海冬季偏北大风的分布特征, 发现大风过程的最大风力从海岸到大海中央递增, 大风的连续天数也增多, 西部沿岸的大风日数比东部偏多。广东沿海 95% 的 8 级以上大风天气是由台风造成的<sup>[10]</sup>, 广东沿海春季冷空气造成的大风具有“风头(起风时)大、风尾(结束时)小”、起风突然、阵风大、日变化明显等特点<sup>[11]</sup>。闽东沿海与北部湾大风过程的风力分布也具有类似特征<sup>[12]</sup>。

以上分析皆是针对某个岸段或区域的大风过程, 同时对于广东沿海也大都分析了 7 级或 8 级以上大风过程, 并没有根据施工要求针对某个施工海域 6 级以上大风过程进行精细化分析。本文拟利用位于距离香港机场施工海域 1.3 km 的赤腊角自动气象站观测资料, 对香港机场附近海域 6 级以上大风过程进行详细分析, 包括不同季节大风日数、大风过程以及盛行风向和影响系统等, 为预报员了解该海域的气候背景、提高预报技巧提供参考。

收稿日期: 2019-03-11; 修回日期: 2020-03-03。

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1407001)。

作者简介: 刘凯(1990-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事短期气象预报工作。E-mail: 240275064@qq.com

## 2 资料和方法

采用香港赤腊角自动气象观测站(22.33°N, 114.18°E)2000年1月—2018年12月距海平面14 m高度、30 min平均风向及风速观测资料,对香港机场附近海域出现的6级以上大风过程和大风日数进行统计分析,着重探讨了不同季节的主要天气系统和典型天气过程;同时还对1949—2018年影响香港机场附近海域的台风进行统计分析。台风影响概率的具体计算方法如下:以5月份为例,在1949—2018年南海和西北太平洋海域5月份共生成台风67个,其中有7个影响香港机场附近海域,则影响概率为10.4%,以此类推。在分析气候背景与气候波动对高影响天气系统的影响时,所用的北极涛动指数(Arctic Oscillation, AO)下载自美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)的官方网站,数据来自美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic Atmospheric Administration, NOAA)的气候预测中心(Climate Prediction Center, CPC)及美国国家大气研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)。对AO指数进行标准化处理,大于1为正异常年份,小于-1为负异常年份。

分析过程中,6级大风过程的风速为10.8~13.8 m/s,7级大风过程的风速为13.9~17.1 m/s,8级大风过程的风速为17.2~20.7 m/s。时间间隔为30 min的观测数据中,按照1 d内连续3个时次出现风速大于6级即记为大风日数进行统计。从风速超过6级风开始,并持续3个以上时次至风速减弱至6

级风以下截止,将该过程定义为一次6级以上大风过程。在个别强冷空气以及台风影响时,大风过程可持续几天。在分析大风过程季节分布特征时,冬季指前一年12月—当年2月,春季指当年的3—5月,夏季为6—8月,秋季为9—11月。在分析冷空气路径类型时采用1 d 4次的NCEP/NCAR Reanalysis 1的海平面气压再分析数据,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ [13]。

## 3 香港机场附近大风日数和大风过程的年际和季节分布特征

图1为香港机场附近海域大风日数逐年分布图。香港机场附近年平均大风日数为35 d,2013年大风日数最多,为47 d;2000年大风日数最少,为14 d。2005—2015年间大风日数明显偏多,近4 a大风日数有减少的趋势。由于分析时段过短,不能确定香港机场附近海域大风日数是否有10 a左右的年代际振荡周期。这种大风日数的变化与影响香港机场附近海域的气候背景和天气系统有密切的关系。

图2为香港机场附近海域大风日数逐月分布图。香港机场附近海域月平均大风天数为3 d。2—8月大风日数较多,尤其是3—4月,受冷空气和华南前汛期以及个别台风的影响,大风日数偏多。1月及9—12月大风日数相对较少,尤其是9—10月,若无台风的影响,初秋冷空气强度较弱,单纯冷空气影响所带来的大风很难达到6级以上,除非有全国性寒潮等强冷空气的影响。6—8月大风日数较为相近,是台风影响香港机场附近海域的高发季节,可能造成严重的大风大浪过程。

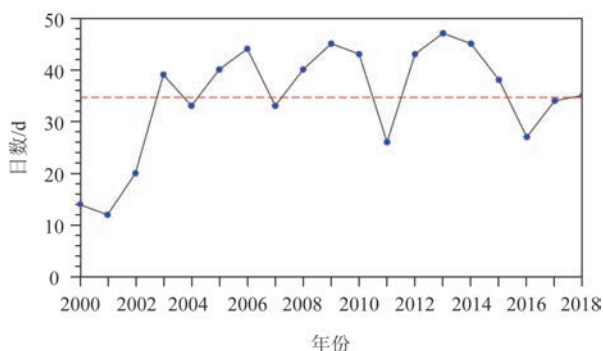


图1 香港机场附近大风日数逐年分布图(蓝色圆点:逐年大风日数;红色虚线:年平均大风日数)

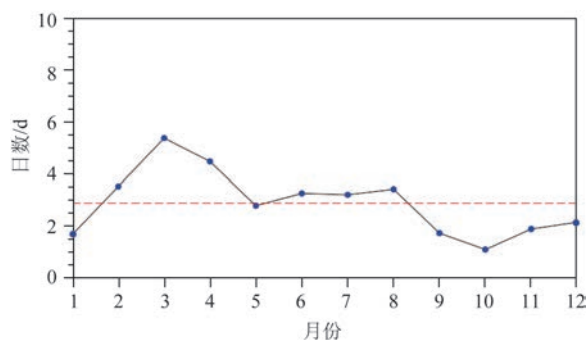


图2 香港机场附近大风日数逐月分布图(蓝色圆点:逐月大风日数;红色虚线:月平均大风日数)

香港机场附近海域近20 a大风日数没有明显的线性变化趋势,主要以波动特征为主,这与江苏沿海大风过程明显减少的变化趋势不同<sup>[8]</sup>。大风日主要集中在3—8月。

图3为2000—2018年香港机场附近海域6级以上大风过程次数逐年分布图。表1为近20 a香港机场附近海域年平均大风过程次数分布。近20 a香港机场附近海域年平均6级大风过程为21.6次/a, 7级大风过程为4.8次/a, 8级大风过程为1.3次/a。影响香港机场附近海域的大风过程主要以6级风为主, 8级以上大风过程次数较少。从逐年大风过程分布图中可见(见图3), 2000—2003年、2007—2008年大风过程次数偏少, 而2004—2006年、2009—2010年和2012—2015年大风过程次数明显偏多, 其中2006年、2009年、2010年和2012年大风过程次数明显大于平均值。

图4为近20 a香港机场附近海域大风过程次数

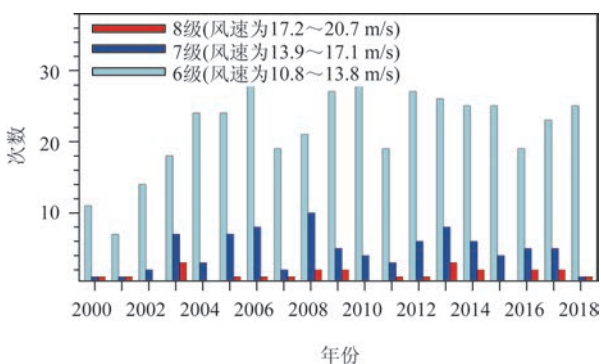


图3 2000—2018年香港机场附近大风过程次数逐年分布图

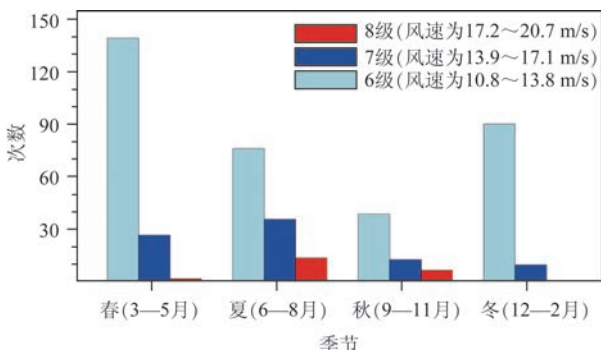


图4 2000—2018年香港机场附近大风过程次数季节分布图

季节分布图。图中可以看出6级以上大风过程在4个季节均有。其中,冬、春两季较多,主要受冷空气的影响,进一步说明单纯冷空气的影响以6级风过程为主;7—8级大风过程主要集中在夏、秋两季,主要是受台风和对流云团的影响;冬季没有8级以上大风过程,这与冬季台风影响香港机场附近海域概率较低有关。

综上所述可知,香港机场附近年平均6级以上大风过程为21.6次,目前处于大风过程较平均值略多的年份。香港机场附近海域大风过程以6级风为主,集中在冬、春两季且风向以偏东风为主。7—8级以上大风过程主要集中在夏、秋两季,风向多变。

表1 近20 a香港机场附近年平均大风过程分布表

| 风力        | 6级风  | 7级风 | 8级风 |
|-----------|------|-----|-----|
| 年平均大风过程/次 | 21.6 | 4.8 | 1.3 |

#### 4 香港机场附近大风过程的主要影响系统

第3节中我们分析了大风日数和大风过程的季节和年际变化特征。本节中我们分析影响香港机场附近大风过程的主要天气系统。图5为近20 a香港机场附近的季节风速玫瑰图。香港机场附近冬、春两季风向玫瑰图分布特征较相似,影响系统主要是冷空气,大风盛行风向以偏东风为主,除个别对流性天气和台风影响外,风速以6级风为主,尤其在冬季无8级以上大风过程。夏季大风过程风向变化较大,主要影响系统变为西南季风,但造成大风过程的天气系统以台风和对流性云团为主。初秋造成大风过程的影响系统仍以台风为主,而深秋之后随着冷空气影响逐渐频繁,主导风向转为偏东风。

影响香港机场附近大风过程的天气系统和气候背景十分复杂,不同季节存在明显的差异。通过对香港机场近20 a大风过程统计分析,并结合高空、地面天气形势图,对影响该地区的典型天气系统进行了分类,主要为冷空气、对流性天气、台风和西南季风。由于资料受限,对流性天气的捕捉比较困难,因此短时、小尺度的对流天气统计可能存在疏漏。本文将出现短时雷雨、伴有6级以上大风天气、天气图上有明显冷暖空气交汇且无台风影响的



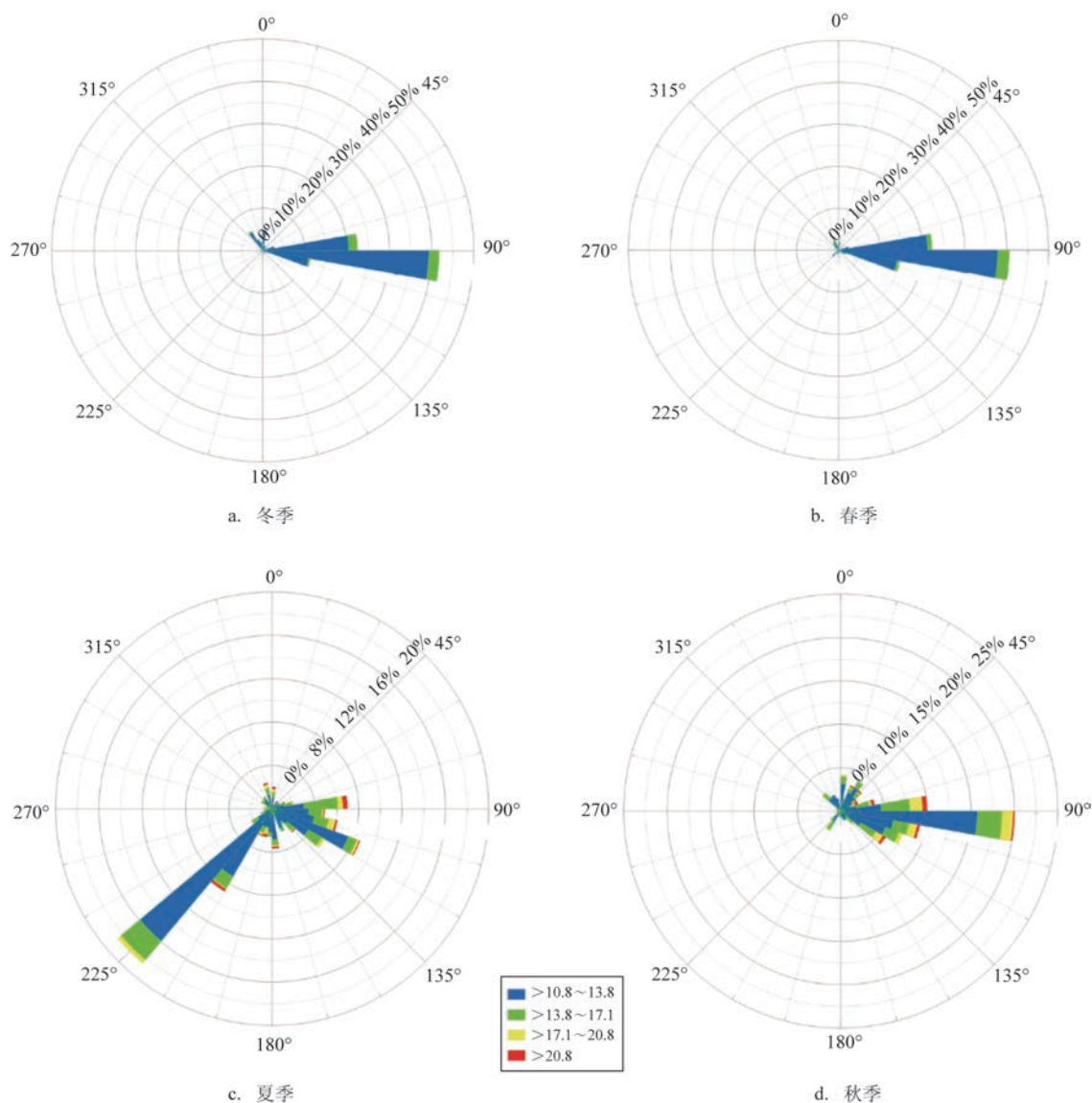


图5 近20 a香港机场附近6级以上大风过程风速玫瑰图的季节分布特征

过程作为对流性天气过程。表2为近20 a不同天气系统造成的大风过程次数分布表。由表可见,冷空气过程是影响香港机场附近海域最频繁的天气系统,影响次数为218次;其次是对流性天气和台风,影响次数分别为108次和89次;西南季风影响次数为10次。6级以上的大风过程有51.3%由于冷空气造成,25.4%由于对流性天气造成,20.9%由于台风造成,2.4%由于西南季风造成。

冬、春两季影响香港机场附近海域的主要天气系统为冷空气,冷空气路径和强度的不同其影响也存在明显差异。春季还有另一系统影响香港机场

附近海域,随着南海夏季风的爆发,华南前汛期雨季开始,受华南准静止锋的影响,冷暖气流交汇,容易在午后和傍晚发生对流性天气引起6级以上大风过程。而夏、秋两季影响附近海域的主要强天气系统是台风,当台风进入南海,尤其是在华南沿海登陆时,都会给香港机场附近海域带来强风暴雨等恶劣天气,并对施工和人员安全造成严重影响。

图6为1949—2018年5—10月影响香港机场附近海域的台风个数和概率分布图。图6a和6b分别是影响半径为300 km和110 km范围内的台风个数;图6c和6d分别是影响半径为300 km和110 km

表2 近20 a香港机场附近不同天气系统造成大风过程次数

| 天气系统 | 冷空气 | 对流性天气 | 台风 | 西南季风 |
|------|-----|-------|----|------|
| 次数   | 218 | 108   | 89 | 10   |

范围内的台风影响概率。从图中可以发现影响半径无论是300 km还是110 km,香港机场附近海域的台风个数和台风影响概率均在7—9月最大。在300 km影响半径内,8月份生成的台风有近60%会影响香港机场附近海域。1822号台风“山竹”(超强台风级)成为2018年登陆我国的最强台风。台风“山竹”环流尺度大,影响范围广,海浪和风暴潮的预警级别为红色,广东惠州、盐田、赤湾、横门和三灶潮位站出现了破历史记录的高潮位,也因此造成了严重的海洋灾害。台风“山竹”对香港机场附近海域造成了12—13级的偏东风,阵风达37 m/s,超过1713号台风“天鸽”(超强台风级)影响香港机场附近海域时创下的记录(东北风11—12级,30 min平均风速达28 m/s)。对香港机场附近海域造成严

重影响的两个台风均发生在8月,可见8月是该地区汛期项目施工防台的重中之重。

为了进一步了解冷空气对香港机场附近海域的影响,根据冷高压南下的路径以及环流场的差异,通过对比218次冷空气过程中冷高压中心位置、南下路径以及西南低压的环流配置形势,将冷空气对香港机场附近海域的影响分为4类典型的形势场。从中挑选具有代表性的个例绘制成图8,个例具体时间在图中标出。冷高压中心位于 $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 内为西路冷空气(见图7a);位于 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 内为中路冷空气(见图7b);位于 $120^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 内为东路冷空气(见图7c);当我国西南地区有低压配合并伴有东路冷空气时,定义为西南低压配合东路冷空气(见图7d)。图8为不同路径冷空气影响香港机场附近海域的次数分布图,图9为不同系统影响香港机场附近海域期间大风持续的时间。在这些不同路径冷空气中,东路冷空气对附近海域的影响最为频繁(88次),与西南低压的配合过程有33次,西路冷

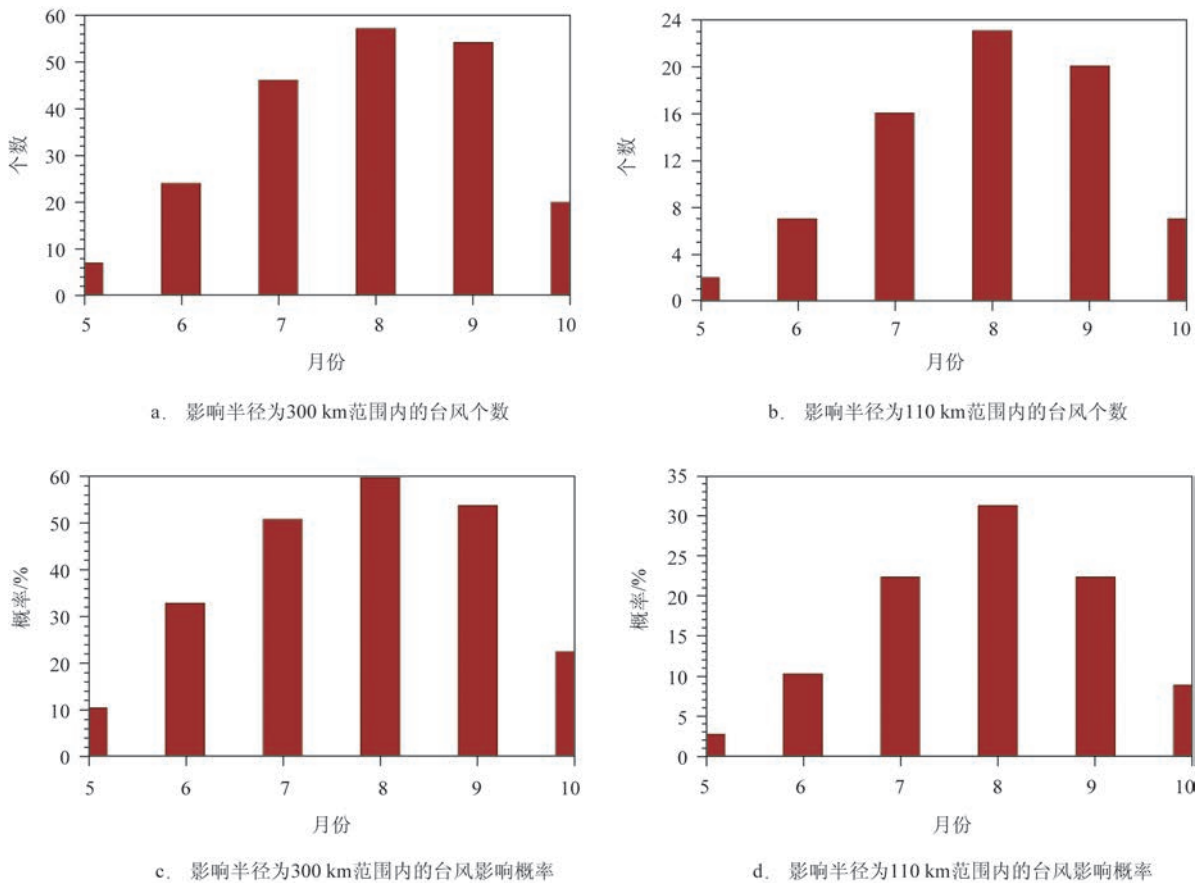


图6 1949—2018年5—10月影响香港机场附近海域的台风个数和概率分布图

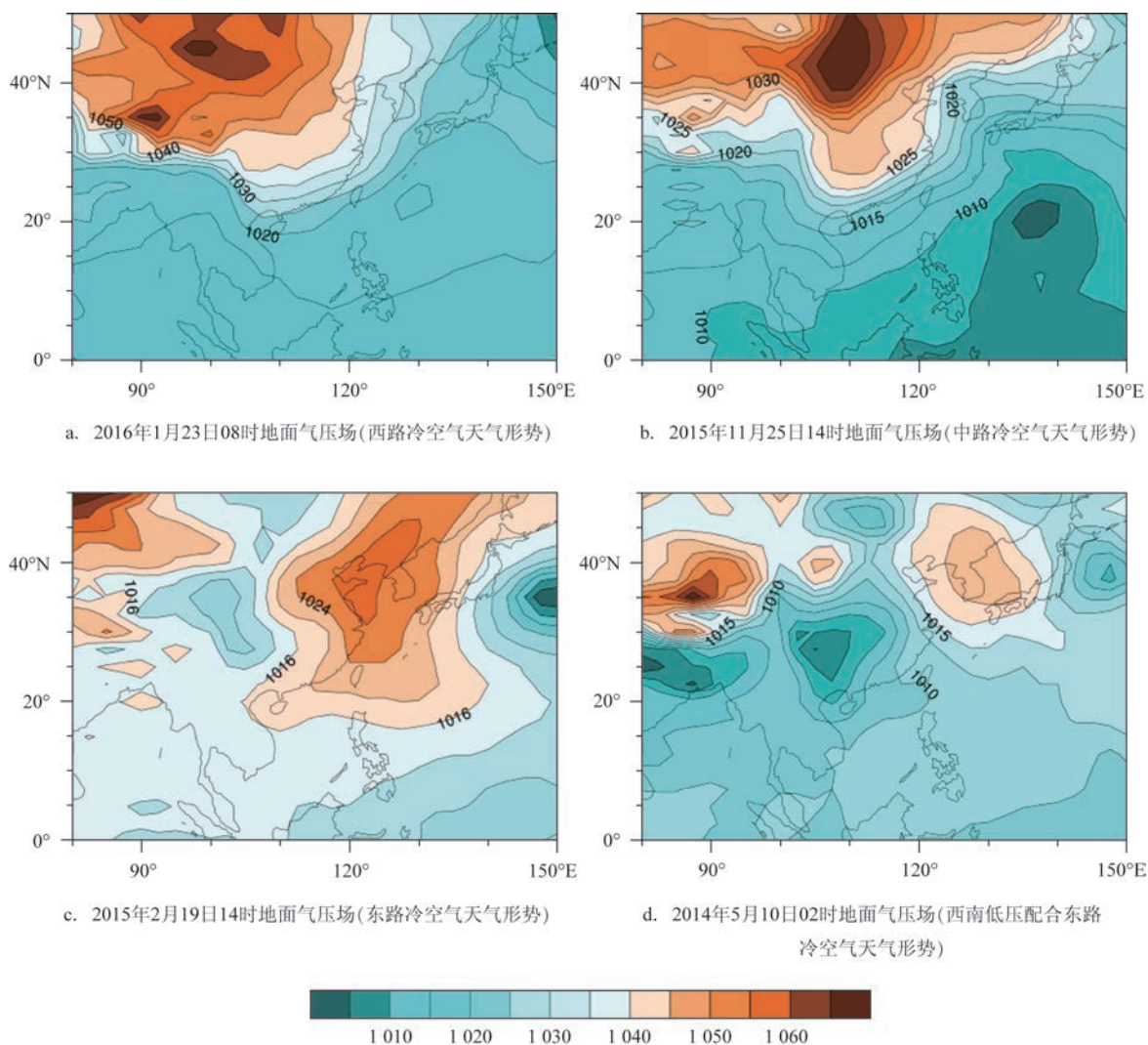


图7 冷空气影响香港机场附近海域的典型天气形势(单位:hPa)

空气和中路冷空气的影响次数相当,分别为55次和42次。西路冷空气影响时,香港机场附近海域多为偏北风且持续时间较短,一般表现为风速增大快减小也快,过程平均持续时间为4.5 h;中路冷空气影响附近海域时为偏北风或偏东风,持续的时间也较短,过程平均持续时间为3.4 h;东路冷空气及与西南低压配合影响时,附近海域易出现偏东风且持续时间较长,分别为8 h和14 h,且影响较大。

影响香港机场附近海域的高频率系统(冷空气和台风)还受到大环流背景场和气候异常的影响。6级风以上过程主要发生在冬、春季并且主要由冷空气造成,而AO指数的正负能够直接反应冷空气的强弱。下文将通过简单分析AO指数和大风日数

的分布特征,找到与香港机场附近海域大风日数较为相关的气候因子。图10为冬、春季标准化AO指数和大风日数距平时间序列分布特征。其中,标准化后的AO指数,大于1的年份为正异常年份,对应冷空气强度偏弱;小于-1的年份为负异常年份,对应冷空气强度偏强。从图10可以明显地看出,AO指数与大风日数距平存在很好的负相关关系,在春季尤为显著。2000—2004年、2006—2008年春季,AO指数正异常对应大风日数负异常;2008—2014年,AO指数负异常对应大风日数正异常。这与李彩玲等<sup>[14]</sup>的研究成果一致。他们指出AO的强弱变化与广东省寒潮存在密切联系,当AO指数为高值年时,东亚大槽位置出现反气旋式涡旋异常,东亚



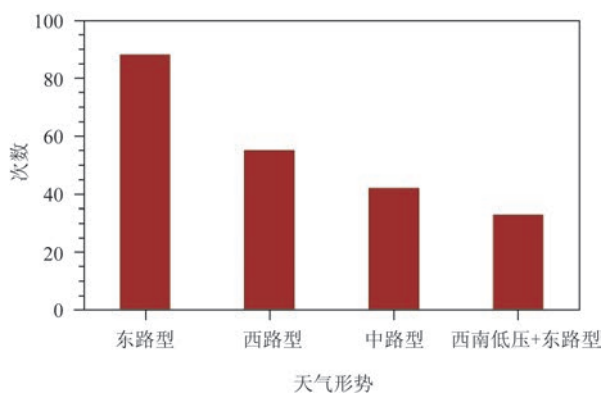


图8 不同路径冷空气影响香港机场附近海域的次数

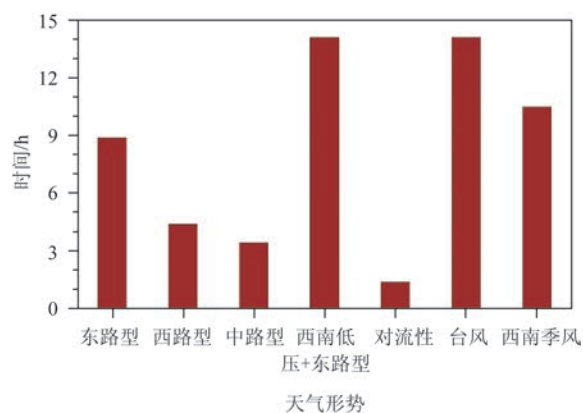


图9 不同天气系统对香港机场附近海域的影响时间

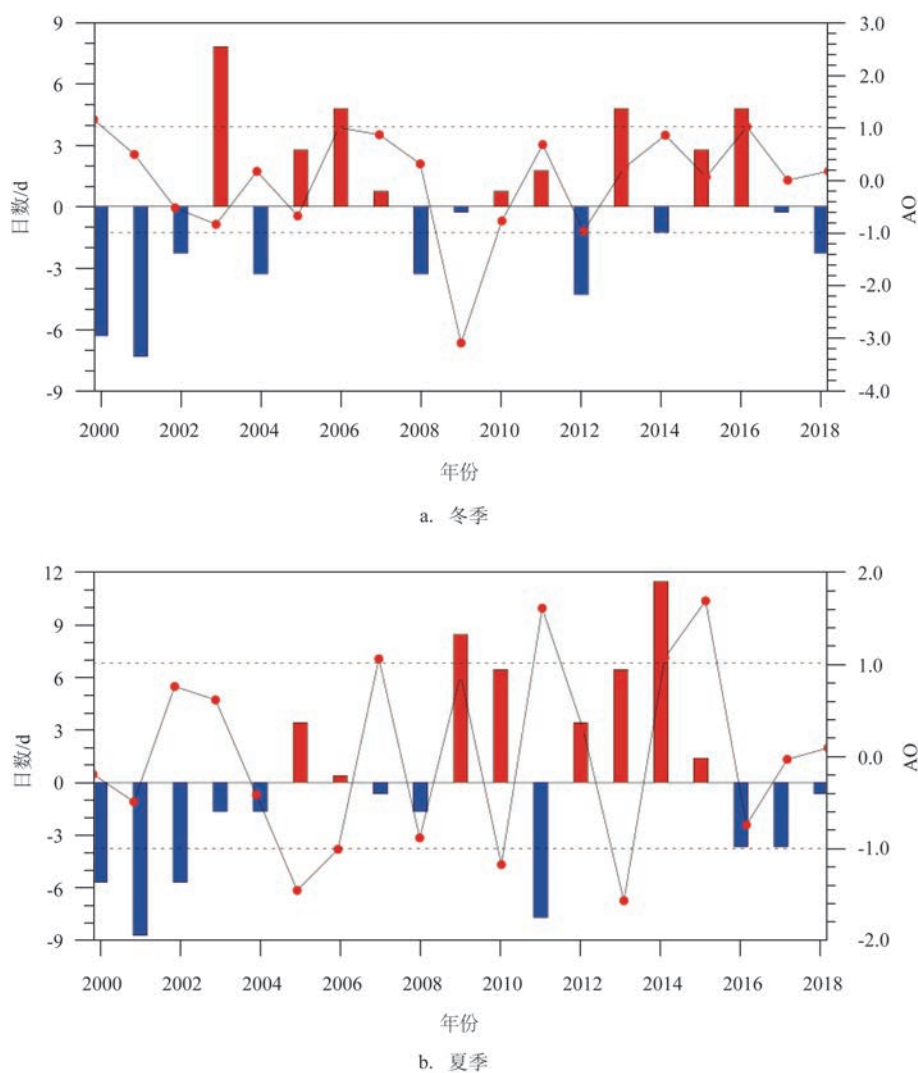


图10 AO指数标准化(红色圆点)和大风日数距平(柱状图)时间序列分布特征

大槽偏弱,异常风方向由东南向西北,不利于冷空气由北到南的输送,对寒潮爆发有阻碍作用;当AO指数为低值年时,东亚大槽位置出现气旋式涡旋异常,东亚大槽偏强,异常风方向由西北向东南,有利于寒潮向华南地区输送。AO指数也存在与大风距平对应关系不好的年份,主要是由于造成大风的天气系统多变以及影响天气系统的气候波动较复杂。如华南地区寒潮和强冷空气活动同样受热带太平洋海气相互作用厄尔尼诺和南方涛动(El Niño-Southern Oscillation, ENSO)的影响,冷空气多的年份一般出现在中等或强的El Niño期间,寒潮和强冷空气活动少的年份容易出现在拉尼娜(La Niña)期间,而较难出现在El Niño期间<sup>[15]</sup>。如2015—2016年间香港机场附近海域冬季出现显著的大风日数正距平,可能与这两年的超强El Niño事件有关。

## 5 总结和讨论

详细了解施工海域大风分布特征及气候背景,能够提高预报员预报技巧,改进数值预报技术,改善预报保障服务质量,为沿海施工工程提供更加及时、准确、精细化的海洋环境预报。本文利用香港赤腊角附近气象观测站数据对香港机场附近海域近20 a大风日数、过程以及典型天气系统进行了分型,并对AO与大风日数的相关关系进行了初步的讨论。主要结论如下:

(1)香港机场附近海域年平均大风日数为35 d,月平均大风日数为3 d。3—8月大风日数较多,尤其是春季的3—4月,主要由于受到冷空气和华南前汛期以及个别台风的影响;1月以及9—12月大风日数相对较少,尤其是9—10月,若无台风的影响,初秋冷空气强度较弱,单纯冷空气的影响所带来的大风很难达到6级以上;6—8月大风日数较为相近,是台风影响附近海域的高发季节,易造成严重的大风大浪过程。

(2)香港机场附近海域6级大风过程在4个季节均有。冬、春两季较多,主要受冷空气的影响,进一步说明单纯冷空气的影响以6级风过程为主;7—8级大风过程主要集中在夏、秋两季,主要受台风和对流云团的影响;冬季没有8级以上大风过程,这与冬季台风影响附近海域的概率较低有密切的关系。

(3)冬、春两季影响系统主要是冷空气,大风盛行风向以偏东风为主,除个别对流性天气和台风的影响外,风速以6级风为主,尤其在冬季近20 a无8级以上大风过程;夏季大风过程风向变化较大,影响系统变为西南季风,出现8级风以上过程主要受台风以及对流云团的影响;初秋造成大风过程的影响系统仍以台风为主,深秋之后随着冷空气影响逐渐频繁,主导风向转为偏东风。

(4)统计分析表明:近20 a影响香港机场附近海域的天气系统主要为冷空气、对流性天气、台风和西南季风。冷空气是影响最为频繁的天气系统,香港机场附近海域6级以上大风过程中51.3%是由冷空气造成的,其次是对流性天气和台风过程。冷空气影响过程中东路冷空气影响次数最多、持续时间最长,西路和中路冷空气易造成偏北大风,持续时间较短。对1949—2018年影响香港机场附近海域的台风历史路径和强度信息做统计,发现其影响时间主要集中在7—9月。

(5)AO指数与大风日数距平存在很好的负相关关系,这种相关关系在春季尤为显著。2000—2004年、2006—2008年春季,AO指数正异常对应大风日数的负异常;2008—2014年,AO指数主要为负异常,对应大风日数的正距平。但2015—2016年间,AO指数为正异常,而香港机场附近海域冬季出现显著的大风日数正距平,这可能与2015—2016年出现的超强El Niño事件有关。之后,将对AO和ENSO对华南冷空气的影响机制进行研究,分析其环流异常在季节尺度和次季节尺度的表现形式。

## 参考文献

- [1] 覃庆第, 邓正良, 彭定宇, 等. 广西近海偏北大风过程极大风速分布特征[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(2): 10-13.
- [2] 谢秀英, 谢秀琴. 1958—2007年福海县大风天气统计分析[J]. 气象与环境学报, 2009, 25(6): 52-55.
- [3] 曲巧娜, 盛春岩, 杨晓霞, 等. 黄、渤海沿海大风变化特征及影响系统[J]. 气象科学, 2018, 38(2): 212-220.
- [4] 孙晓磊, 黄彬, 易笑园, 等. 渤海中南部突发性大风成因分析及预报思考[J]. 海洋预报, 2018, 35(4): 47-57.
- [5] 宫攀, 孙即霖, 公延华. 黄海大风日数长期变化特征研究[J]. 现代农业科技, 2013(12): 185-187.
- [6] 孙密娜, 朱男男, 王亚男, 等. 近10年渤海近海A平台大风特征分析[J]. 海洋通报, 2016, 35(4): 367-379.
- [7] 郭俊建, 孙莎莎. 山东沿海精细化海区大风特征分析[J]. 海洋预



- 报, 2014, 31(4): 41-46.
- [8] 李超, 魏建苏, 严文莲, 等. 江苏沿海大风特征及其变化分析[J]. 气象科学, 2013, 33(5): 584-589.
- [9] 石雪. 大连地区大风天气的统计分析及其预报方法研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2014.
- [10] 宋丽莉, 毛慧琴, 汤海燕, 等. 广东沿海近地层大风特性的观测分析[J]. 热带气象学报, 2004, 20(6): 731-736.
- [11] 李霞, 王捷纯, 何如意. 一次春季冷空气引发海上大风天气过程的分析[J]. 广东气象, 2013, 35(1): 19-23.
- [12] 高珊, 吴幸毓, 高聪晖. 闽东沿海不同地域极大风分布特征[J]. 海峡科学, 2018(8): 51-56, 64.
- [13] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bulletin of The American Meteorological Society, 1996, 77(3): 437-472.
- [14] 李彩玲, 余广昌, 王华. 北极涛动对华南地区寒潮的影响[J]. 广东气象, 2016, 38(3): 12-16.
- [15] 曾琮, 谢炯光. 广东省寒潮、强冷空气的气候特征及与 ENSO 的关系[J]. 广东气象, 2003(1): 7-9.

## Statistical analysis of gale processes near Hong Kong airport in the past 20 years

LIU Kai<sup>1,2</sup>, SONG Xiao-jiang<sup>1</sup>, WANG Zhang-gui<sup>1</sup>, YU Hai-peng<sup>1</sup>, GUO An-bo-yu<sup>1</sup>

(1. National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China; 2. Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081 China)

**Abstract:** Based on the observation data of the automatic weather station in Chila Point, the gale processes near Hong Kong airport in the past 20 years is analyzed. It is found that the average gale days is 35 per year. The gale process over scale 6 occurs 21.6 times per year, which happens throughout the year and most frequently in winter and spring. The gale process over scale 7 and scale 8 occur 4.8 and 1.3 times per year, respectively. The gale process between scale 7 and 8 mostly happens in summer and autumn, while there is no gale process over scale 8 in winter. Cold air, convective weather, typhoon and southwest monsoon are the main weather systems that affects the Hong Kong airport area, among which the cold air is most frequent. Meanwhile, there are significant differences in the impact of cold air with different paths on the construction sea area. Cold air from the east path is liable to cause the longest duration of easterly gale process, while cold air from the west and middle path is liable to cause the shortest duration of northerly gale process. The typhoon affecting the Hong Kong airport area mainly occurs between July and September.

**Key words:** Hong Kong airport; gale process; affecting weather systems