

1971—2020年南海生成热带气旋的活动规律与大风分布特征

杨亚新

(江苏航运职业技术学院 航海技术学院, 江苏 南通 226010)

摘要: 利用东京台风中心提供的1971—2020年的西北太平洋热带气旋资料,对南海生成热带气旋的发生频数、发生源地、强度和持续时间、移动路径以及大风分布特征进行统计分析。结果表明:南海热带气旋主要生成于5—12月,其中6—9月为盛行期,约有70%的热带气旋生成;热带气旋生成位置季节变化明显,6—9月多生成于南海北部17°N附近,11月—次年4月多生成于14°N以南的南海南部,5月和10月为季节转换期,生成位置大幅北进或南撤;热带气旋中心最低气压为940~1 004 hPa,平均值为985.4 hPa,近中心最大风速为35~85 kt,平均值为48.3 kt,平均持续天数为6.2 d;热带气旋移动路径以西移和西北移路径居多,各月都有发生,其次为东北移路径,主要发生在5—6月;近90%的南海热带气旋10级以上大风以中心呈对称分布,大风圈平均半径为53.2 n mile,在7级以上大风中以中心呈对称分布的略多于不对称分布的,7级大风圈的平均半径为142.3 n mile。

关键词: 南海;热带气旋;活动规律;大风分布特征

中图分类号: P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2024)01-0104-08

0 引言

南海是西北太平洋热带气旋的主要发生源地之一。与西北太平洋热带气旋相比,南海热带气旋具有范围小、发展快、强度强、移动路径复杂多变等特点,对南海及周边地区的影响不容忽视,其带来的狂风、暴雨、巨浪、风暴潮也严重影响过往船舶的航行安全。因此,分析南海热带气旋的活动规律与大风分布特征,能够为南海热带气旋的科学预测和船舶防避提供参考。

对于南海热带气旋,前人做了不少研究,有部分是关于其强度和路径预报的^[1-3],但更多的是气候统计特征分析。李春晖等^[4]利用1949—1999年《台风年鉴》资料,研究了近50 a南海海域生成和经过的热带气旋位置点频数的时空分布特征及其海洋影响因子,结果表明6—10月热带气旋位置点频数表现出明显的地理分布集聚性特征,主要分布在南海15°~22°N海域,并有明显的年代际变化特征。

江文等^[5]利用1949—2019年的热带气旋资料,对不同移动路径的南海热带气旋的频数、源地、强度变化等特征进行统计分析,结果表明,近70年来南海热带气旋频数呈现递减的趋势,其中东北走向的频数相对较少,西/西北走向的频数相对较多,东北走向的热带气旋平均强度比西/西北走向更强,生命史也更长。秦南南等^[6]利用中国气象局1949—2017年的热带气旋资料对南海地区的热带气旋特征进行了研究,分析了热带气旋生成的时空分布特征、强度和持续时间特征以及登陆热带气旋的特征,结果表明,南海热带气旋生成的密度中心主要集中在19°N、115°E附近,生成和登陆均主要集中在夏、秋两季,持续时间多在7 d以下,移动路径主要为西行和西北行。廖菲等^[7]利用1949—2017年的热带气旋资料,统计分析了不同等级热带气旋的发生强度和路径快速变化的特征。曹力戈等^[8]利用中国气象局热带气旋资料、美国国家环境预报中心和国家海洋信息中心的海洋再分析数据,研究了途经南海的热

收稿日期: 2023-01-31。

基金项目: 江苏省教育信息化重点资助项目(20180006)。

作者简介: 杨亚新(1967-),女,教授,硕士,主要从事航海气象研究。E-mail: yangyx@jssc.edu.cn

带气旋迅速加强的年代际变化。黄小燕等^[9]、胡皓等^[10]研究了环境场与南海热带气旋活动的关系。这些研究为南海热带气旋的预报和科研提供了重要的参考。

然而,以上研究主要集中在南海热带气旋的发生频率、强度、源地等方面,对气旋各月移动路径的研究比较少见,对其7级和10级大风分布特征的研究尚未见有报道。此外,以上研究采用的资料均为1949年以来的,由于早期观测技术和分析手段的落后,历史资料在完整性和准确性上均有不足,不可避免地会影响统计结果。因此,利用相对完整和准确的最近几十年的观测数据资料对南海生成热带气旋活动的气候特征进行再分析是十分必要的。本文基于东京台风中心提供的西北太平洋最近50年的热带气旋资料,对南海生成热带气旋的发生频数、发生源地、强度和持续时间、移动路径以及大风分布特征进行较为全面、系统地分析,以补充、修正前人的研究成果,同时为有效预测、防避南海热带气旋提供参考。

1 资料与说明

南海热带气旋资料来源于世界气象组织区域专业气象中心(The Regional Specialized Meteorological Center, RSMC)——东京台风中心提供的西北太平洋1971—2020年共50 a的热带气旋资料^[11],包括热带气旋编号、每隔6 h一次的中心位置、中心气压、近中心最大平均风速、30 kt和50 kt大风圈的半径等。热带气旋的分类采用国际分类标准(见表1)。我国热带气旋分类标准较国际标准多两个等

表1 国际热带气旋分类标准

Tab.1 International classification standards for tropical cyclones

热带气旋等级名称	近中心最大 平均风速/kt	近中心最大 风力等级
热带低压(Tropical Depression, TD)	≤33	≤7
热带风暴(Tropical Storm, TS)	34~47	8~9
强热带风暴(Severe Tropical Storm, STS)	48~63	10~11
台风(Typhoon, T)	≥64	≥12

级,即将12级以上的台风进一步分成了台风、强台风和超强台风;另外,我国热带气旋近中心最大平均风速采用2 min最大持续风速,而国际标准采用的是10 min最大持续风速。

资料的统计范围为0°~23°N, 105°~120°E的南海地区,统计的热带气旋只是在南海海域内生成(不包括从西北太平洋移入)且强度达到热带风暴(TS)等级以上的热带气旋,下文统一简称南海热带气旋。

2 南海热带气旋的活动规律

2.1 南海热带气旋的频数

1971—2020年南海共发生热带气旋153个,其中,热带风暴(TS)93个,占60.8%,强热带风暴(STS)37个,占24.2%,台风(T)23个,占15.0%。南海热带气旋巅峰强度以热带风暴级为主,台风级发生频率最小,远低于西北太平洋台风的发生频率(约占总数的50%)^[12]。

南海热带气旋发生数年际变化较大(见图1),最多年份为6个(1997年),个别年份没有热带气旋发生(1993年和2006年),平均每年发生数为3.1个,这与文献[6]得出的平均每年发生数为4.8个的结论不一致,这可能与资料来源、统计年限、统计范围等不同有关。20世纪70年代和80年代南海热带气旋的发生数接近平均值,20世纪90年代后期—21世纪初发生数明显上升,高于平均值,此后又开始下降,2016年后又有所上升。

南海热带气旋的发生数具有明显的月际变化特征(见图2)。在统计的时间范围内,1月和2月南海没有热带气旋生成,3月和4月生成数量极少,50年中仅各有1个生成,5月开始热带气旋生成数量显著增多,8月达到峰值,10月以后迅速减少,其中6—

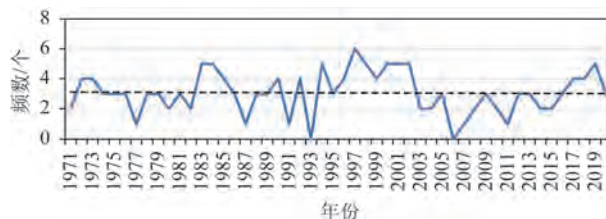


图1 南海热带气旋生成频数的年际变化

Fig.1 Interannual variation of the frequency of tropical cyclones in the South China Sea

9月为盛行期,这4个月中热带气旋发生数占总数的近70%。由此可见,南海热带气旋主要发生在夏秋季节,冬春季节较少。

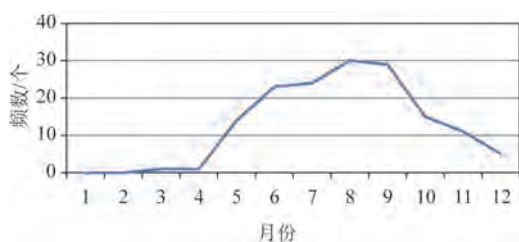


图2 南海热带气旋发生频数的月际变化

Fig.2 Monthly variation of the frequency of tropical cyclones in the South China Sea

2.2 南海热带气旋的发生源地

图3为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 网格内南海热带气旋的发生数。由图可见,此类热带气旋在 $0^{\circ} \sim 22^{\circ} \text{N}$, $105^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$ 范围内均有生成,但主要集中在 $14^{\circ} \sim 20^{\circ} \text{N}$, $114^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$ 的范围内,尤其是 $16^{\circ} \sim 18^{\circ} \text{N}$ 的东部海面最多。这一结论与前人的研究结论^[4,6]基本一致。由此可见,南海热带气旋主要发生在南海中北部偏东海面上。

南海热带气旋的生成源地与季节关系比较密切,尤其表现在生成的平均纬度与季节的关系上

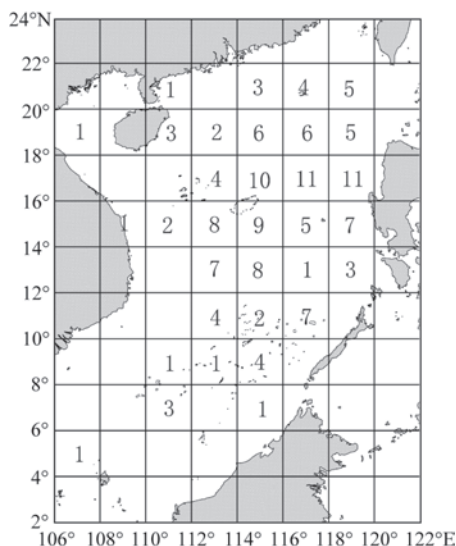


图3 1971—2020年 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 经纬度网格内南海热带气旋的发生数

Fig.3 The numbers of tropical cyclones in the South China Sea in the $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ longitude and latitude grid

(见图4)。3月和4月南海热带气旋生成于 14°N 以南,5月开始生成源地显著北移,8月达到最北,平均位置位于 17°N 以北,以后又逐渐南退,10月以后,生成源地平均位置迅速南撤至 13°N 以南,基本与3月和4月相同。南海热带气旋生成位置的这一季节变化特征与南海海温的季节变化关系密切^[8],6—9月南海北部的海温高于 29°C ,为南海热带气旋的大量生成提供了有利的海洋热力条件。

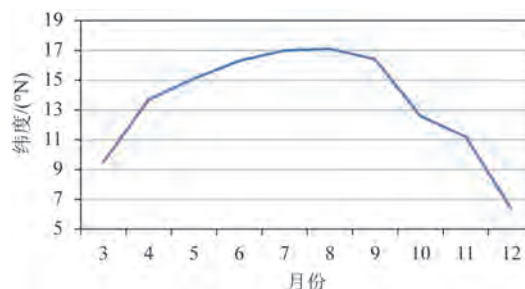


图4 南海热带气旋生成的平均纬度与季节的关系

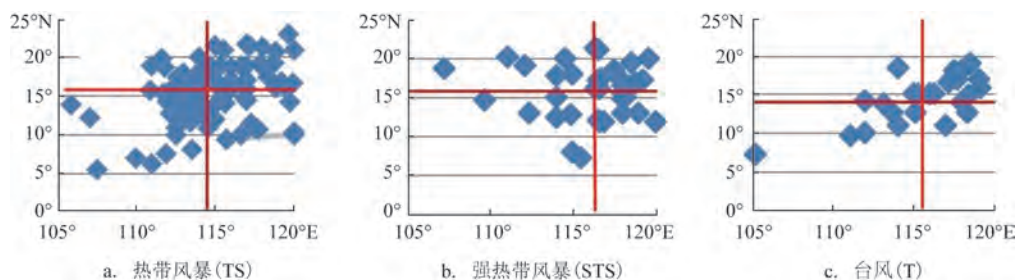
Fig.4 The relationship between the average latitude and season of tropical cyclones in the South China Sea

从强度来看,不同强度等级的热带气旋在南海的各个区域都可以形成,但总体来说,南海热带气旋发展强度越强,其生成地的高频中心有向东、向南偏移的趋势(见图5)。如台风(T)生成的平均位置为 14.3°N , 115.5°E ,而热带风暴(TS)位置为 15.2°N , 114.3°E ,台风较热带风暴生成的平均位置偏南近1个纬度、偏东超过1个经度。其原因可能是热带气旋生成位置越偏南、偏东,在海面上移行距离越长,获得的热量和水汽越多,发展越强。

2.3 南海热带气旋的强度和持续时间

1971—2020年,南海热带气旋中心最低气压为 $940 \sim 1\,004 \text{ hPa}$,平均中心气压值为 985.4 hPa ,近中心最大风速为 $35 \sim 85 \text{ kt}$,平均最大风速为 48.3 kt 。热带风暴(TS)、强热带风暴(STS)、台风(T)的中心最低气压的平均值分别为 991.8 hPa 、 981.8 hPa 和 966.1 hPa ;近中心最大风速的平均值分别为 40.4 kt 、 54.1 kt 和 69.8 kt (见表2)。

南海热带气旋的持续时间最长为22 d(1986年第14号台风),最短的仅为2 d,平均持续天数为6.2 d。热带气旋持续天数与其强度有着非常密切的关系,台风(T)的平均持续天数为9 d,强热带风



注:横线和竖线分别为热带气旋生成位置的平均纬度线和平均经度线

图5 南海不同强度等级热带气旋的生成源地(1971—2020年)

Fig.5 Origin of tropical cyclones of different intensity levels (1971—2020)

表2 南海热带气旋的强度和持续时间

Tab.2 Intensity and duration of tropical cyclones generated in the South China Sea

热带气旋分类	热带风暴(TS)	强热带风暴(STS)	台风(T)	TS等级以上热带气旋
中心气压平均值/hPa	991.8	981.8	966.1	985.4
近中心最大风速平均值/kt	40.4	54.1	69.8	48.3
持续时间/d	5.1	6.9	9	6.2

暴(STS)的平均持续天数为6.9 d,而热带风暴(TS)的平均持续天数为5.1 d(见表2)。1971—2020年,南海153个热带气旋中有34个最后转变为温带气旋(占22.2%),如果不考虑热带气旋转变为温带气旋的天数,则南海热带气旋的平均持续天数为5.6 d。

2.4 南海热带气旋的移动路径

图6为1971—2020年3—12月南海热带气旋的移动路径图。综观各月南海热带气旋的移动路径,大致可划分为4类:西移和西北移型、东北移型、倒抛物线型(先向东北或北,然后转向西北)和不规则型。这其中西移和西北移型路径最多,约占56%,其次为东北移型,约占28%,倒抛物线型和不规则型各约占8%。东北移型主要发生在5—6月,5月除1条为西北移型外,其余均为东北移型,6月也是东北移型路径居多,占65%以上。倒抛物线型主要发生在7—8月,此类路径相对较少。西移和西北移路径各月都有发生,主要发生在6—12月,是南海热带气旋移动的主要路径,其中6—9月路径偏北,一般在15°~25°N之间西行或西北行,10—12月路径偏南,一般在10°~15°N之间西行或西北行。不规则路径主要包括打转、回旋等,此类路径出现不多。以上结论与文献[5]中提出的“东北走向的南海热带

气旋频数相对较少,其峰值集中在5月、6月,西/西北走向的南海热带气旋频数相对较多,其峰值集中在8月、9月”的结论基本一致。

3 南海热带气旋的大风分布特征

3.1 大风范围的分布特征

南海热带气旋10级以上大风范围以热带气旋中心呈对称分布(即10级以上大风圈以中心呈圆形分布)的居多,占总数的88.7%,不对称分布的仅占11.3%。7级以上大风范围以热带气旋中心呈对称分布的占57.6%,远小于10级以上对称分布的概率。在大风不对称分布的热带气旋中,大风圈的最大半径主要出现在SE方向上,其次为E和S(见图7),10级以上大风圈最大半径在这3个方向上出现的概率为91.9%,7级以上大风圈最大半径在这3个方向上出现的概率为77.2%。由此可见,在10级和7级大风不对称分布的南海热带气旋中,大风的最大范围主要位于其中心的SE象限。

3.2 大风范围及其与热带气旋强度的关系

南海热带气旋10级大风圈的平均半径为20~125 n mile,平均值为53.2 n mile;7级大风圈的平均半径为20~450 n mile,平均值为142.3 n mile,约为

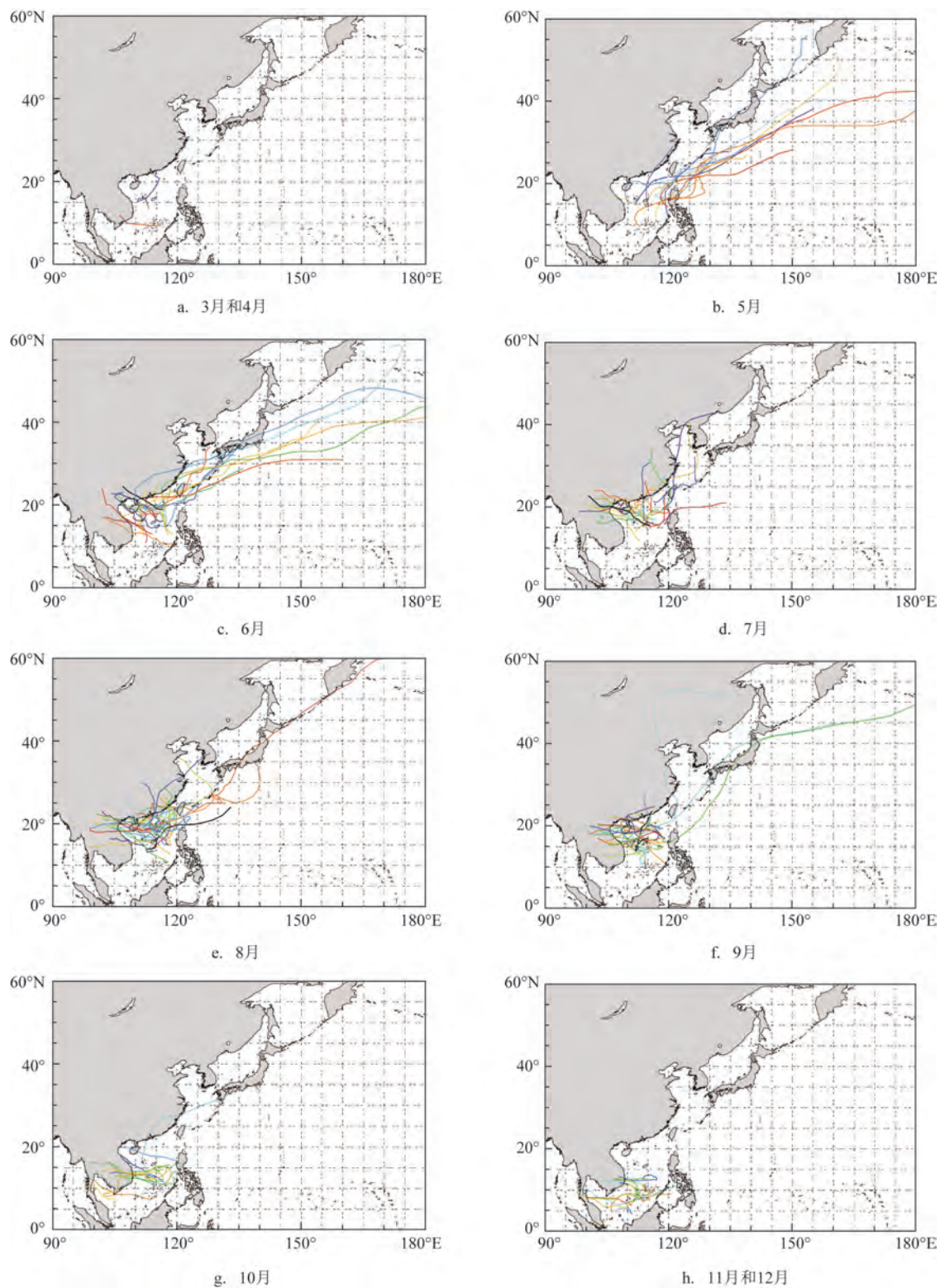


图6 1971—2020年南海热带气旋各月的移动路径

Fig.6 Monthly moving path of tropical cyclones in the South China Sea from 1971 to 2020

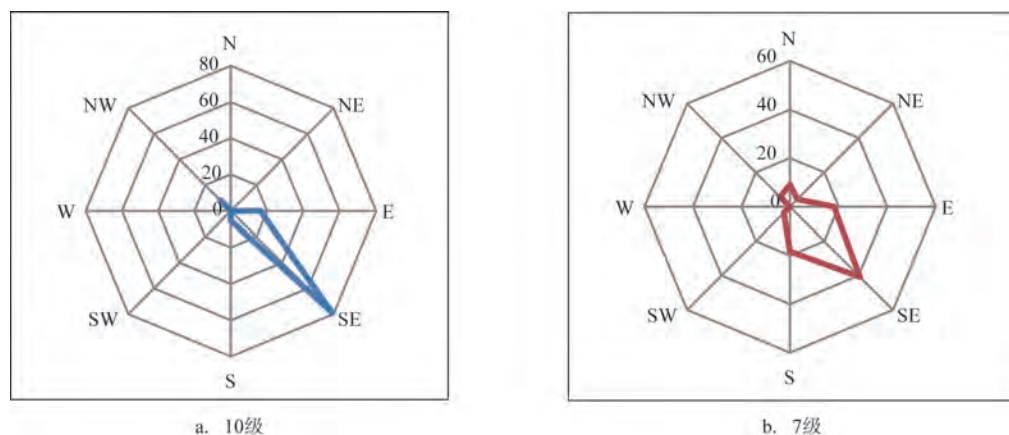


图7 南海热带气旋10级和7级大风圈的最大半径在各方位出现的概率(单位:%)

Fig.7 Probability of occurrence of the maximum radius of tropical cyclone in the South China Sea with magnitude 10 and magnitude 7 in all directions (unit:%)

10级大风圈平均半径的3倍。南海热带气旋10级和7级大风圈的平均值均小于西北太平洋热带气旋10级和7级大风圈的平均值(分别为73.5 n mile和187.9 n mile)^[13]。南海热带气旋大风范围的大小与其强度有着非常密切的关系,热带气旋强度越强,大风范围越大。图8为10级和7级大风圈平均半径与热带气旋中心气压之间的关系。由图8可见,中心气压 ≤ 950 hPa的热带气旋的10级大风圈平均半径为70~80 n mile,7级的平均半径为200~250 n mile;中心气压为950~980 hPa的热带气旋的10级大风圈平均半径为50~60 n mile,7级的平均半径为150~200 n mile;中心气压 > 980 hPa的热带气旋的10级大风圈平均半径为40~50 n mile,7级的平均半径为100~150 n mile。

4 结论

本文基于东京台风中心提供的西北太平洋最近50年来的热带气旋资料,对南海生成的TS等级以上的热带气旋的发生频数、发生源地、强度和持续时间、移动路径以及大风分布特征进行了统计分析。主要结论如下:

①南海平均每年发生热带气旋3.1个,其中以热带风暴居多,占60%以上,台风仅占15%。发生频数具有较明显的年际和月际变化特征。20世纪90年代后期—21世纪初期为南海热带气旋的高发期。从季节来看,6—9月为南海热带气旋的盛行

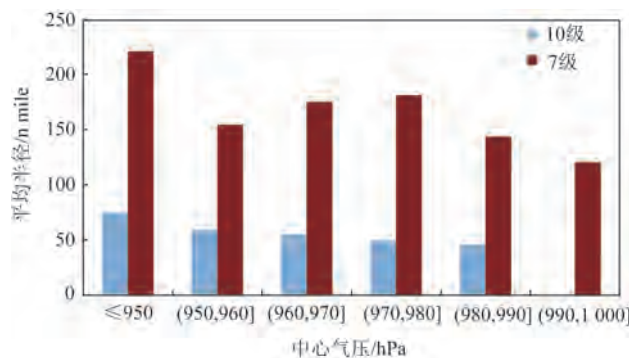


图8 南海热带气旋10级和7级大风圈平均半径与其强度的关系

Fig.8 The relationship between the mean radius and intensity of tropical cyclones of magnitude 10 and 7 in the South China Sea

期,近70%的热带气旋发生在这4个月。

②南海热带气旋主要生成于南海中北部偏东海面,生成位置季节变化明显,6—9月平均生成位置聚集于 17°N 附近,11月—次年4月生成于 14°N 以南的南海南部。5月和10月为季节转换期,生成位置大幅北进或南撤并伴有生成频数的显著增加或减少。

③南海热带气旋中心最低气压为940~1004 hPa,平均值为985.4 hPa,近中心最大风速为35~85 kt,平均值为48.3 kt,在海面上的平均持续天数为6.2 d,强度明显弱于西北太平洋热带气旋。

④南海热带气旋以西移和西北移路径居多,其

次为东北移路径,两类路径占84%以上。东北移路径主要发生在5—6月,西移和西北移路径主要发生在6—12月,其中6—9月路径偏北,10—12月路径偏南。

⑤南海热带气旋10级以上大风以中心呈对称分布的居多,占88.7%,7级以上大风以中心呈对称分布的略多于呈不对称分布的。在大风呈不对称分布的热带气旋中,大风最大范围主要出现在其中心的东南象限。南海热带气旋10级和7级大风圈的平均半径分别为53.2 n mile和142.3 n mile,大风圈的半径与热带气旋强度有着十分密切的关系。

本文利用最新资料对南海热带气旋做了较为全面的气候统计分析,得到了一些有意义的结论,为南海热带气旋的预测和船舶有效偏离热带气旋提供参考。但本文还存在一些值得探讨的问题,如南海热带气旋为什么主要发生在南海中北部偏东海面,影响南海热带气旋移动路径的因子主要有哪些,等等,这些有待今后做进一步研究。

参考文献:

- [1] 梁梅,钟校尧,徐建军,等. 1960—2017年南海热带气旋强度突变特征[J]. 广东海洋大学学报, 2020, 40(3): 83-91.
LIANG M, ZHONG X Y, XU J J, et al. Sudden changes in tropical cyclone intensity in South China Sea from 1960 to 2017[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2020, 40(3): 83-91.
- [2] 孔宁谦,陈润珍,蔡敏. 改进的持续法作盛夏南海热带气旋强度和路径预报方法[J]. 海洋预报, 2006, 23(2): 52-55.
KONG N Q, CHEN R Z, CAI M. The advanced climatic persistence method of forecasting tropical-cyclone track and intensity in South China Sea during midsummer[J]. Marine Forecasts, 2006, 23(2): 52-55.
- [3] 李宇,孔宁谦,陈润珍. 用模糊聚类分型方法作盛夏南海热带气旋路径预报[J]. 海洋预报, 2008, 25(3): 81-85.
LI Y, KONG N Q, CHEN R Z. Difference of QBO structure between east Asia monsoon region and south Asia monsoon region [J]. Marine Forecasts, 2008, 25(3): 81-85.
- [4] 李春晖,刘春霞,程正泉. 近50年南海热带气旋时空分布特征及其海洋影响因子[J]. 热带气象学报, 2007, 23(4): 341-347.
LI C H, LIU C X, CHENG Z Q. The characteristics of temporal and spatial distribution of tropical cyclone frequencies over the South China Sea and its affecting oceanic factors in the past 50yrs [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2007, 23(4): 341-347.
- [5] 江文,王东海,张春燕,等. 近70年不同路径的南海热带气旋的统计特征[J]. 热带气象学报, 2022, 38(3): 433-443.
JIANG W, WANG D H, ZHANG C Y, et al. Statistical characteristics of tropical cyclones in the South China Sea with different tracks in the past 70 years[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2022, 38(3): 433-443.
- [6] 秦南南,钟玮,赵嘉琦. 1949-2017年南海地区热带气旋统计特征研究[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(3): 1-4.
QIN N N, ZHONG W, ZHAO J Q. Statistical characteristics of tropical cyclones in the South China Sea from 1949 to 2017[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2019, 40(3): 1-4.
- [7] 廖菲,李文婷,张子然,等. 1949-2017年南海海域热带气旋强度和路径快速变化统计特征[J]. 海洋学报, 2019, 41(9): 126-135.
LIAO F, LI W T, ZHANG Z R, et al. Analysis of rapid changes of tropical cyclones over the South China Sea for 1949-2017[J]. Haiyang Xuebao, 2019, 41(9): 126-135.
- [8] 曹力戈,王喜冬,李威,等. 路径南海热带气旋迅速加强的年代际变化[J]. 海洋学报, 2021, 43(5): 50-62.
CAO L G, WANG X D, LI W, et al. Multidecadal variability of rapid intensification of tropical cyclones passing through the South China Sea[J]. Haiyang Xuebao, 2021, 43(5): 50-62.
- [9] 黄小燕,管兆勇,何洁琳,等. 南海 ITCZ 异常变化及其对非移入性南海热带气旋(TC)活动的可能影响[J]. 大气科学, 2017, 41(1): 1-14.
HUANG X Y, GUAN Z Y, HE J L, et al. Variations of ITCZ in the South China Sea and their possible influences on the South China Sea-generated tropical cyclone (SCS-G TC) activities[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2017, 41(1): 1-14.
- [10] 胡皓,端义宏. 南海热带气旋迅速加强环境场因子的影响分析[J]. 热带气象学报, 2016, 32(3): 299-310.
HU H, DUAN Y H. Analysis of environmental variables of rapidly intensifying tropical cyclones in the South China Sea[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2016, 32(3): 299-310.
- [11] Japan Meteorological Agency. RSMC best track data (text) (1951-2023)[EB/OL]. [2022-03-20]. <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/trackarchives.html>.
- [12] 郝赛,毛江玉. 西北太平洋与南海热带气旋活动季节变化的差异及可能原因[J]. 气候与环境研究, 2015, 20(4): 380-392.
HAO S, MAO J Y. Differences of the seasonal variations of tropical cyclone activities over the South China Sea and the western north Pacific and the possible causes[J]. Climatic and Environmental Research, 2015, 20(4): 380-392.
- [13] 杨亚新. 西北太平洋热带气旋中大风和波浪分布特征[J]. 上海海事大学学报, 2015, 36(4): 74-78.
YANG Y X. Distribution characteristics of wind and wave in tropical cyclone of western North Pacific[J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2015, 36(4): 74-78.

Activity regularity and gale distribution characteristics of tropical cyclones generated in the South China Sea from 1971 to 2020

YANG Yaxin

(Department of Navigation, Jiangsu Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: Based on the data of tropical cyclones in the Northwestern Pacific from 1971 to 2020 provided by the Tokyo typhoon center, the occurrence frequency, origin location, intensity and duration, moving path and gale distribution characteristics of tropical cyclones generated in the South China Sea are statistically analyzed. The following main conclusions are obtained: tropical cyclones in the South China Sea mainly occur during May and December, in which June to September is the prevailing period, and the occurrence frequency in these four months accounts for about 70% of annual number. The seasonal variation of the cyclone origins is large. From June to September, cyclones originate near 17°N in the northern South China Sea on average. From November to April of the next year, cyclones originate in the southern South China Sea (south of 14°N). May and October are the seasonal transition periods, and the origin locations of cyclones shift northward or southward significantly; The minimum pressure of the cyclone center is $940\sim 1\ 004\ \text{hPa}$ with an average of $985.4\ \text{hPa}$, the maximum wind speed near the cyclone center is $35\sim 85\ \text{kt}$ with an average of $48.3\ \text{kt}$, and the average duration is $6.2\ \text{d}$; Most of the cyclones move westward and northwestward during June and December, followed by northeastward during May and June. Strong winds above force 10 associated with nearly 90% of the South China Sea tropical cyclones are symmetrically distributed with respect to the center, and the average radius of the strong wind circle is $53.2\ \text{n miles}$. The symmetrically distributed strong winds above force 7 are slight more than the asymmetrically distributed strong winds above force 7, and the average radius of the strong wind circle is $142.3\ \text{n miles}$.

Key words: South China Sea; tropical cyclone; activity law; gale distribution characteristics