

西北太平洋热带气旋生成在不同最佳路径集资料中的 差异特征分析

钟剑, 周庆, 顾沈旦, 王力群, 孙一妹, 韩苗苗

(中国卫星海上测控部, 江苏 江阴 214431)

摘要: 利用1951—2017年中国气象局(CMA)、日本气象厅(JMA)和美国联合台风警报中心(JTWC)的最佳路径资料,研究了西北太平洋热带气旋生成特征及不同资料间的差异特征。结果表明:对于热带气旋生成位置,1—8月生成纬度逐步北抬,9—12月逐步南移,12月—次年4月中国南海和2—6月170°E以东海域几乎无热带气旋生成;每年最早热带气旋生成平均纬度为3月最小,3—7月随月份增加而增加。热带气旋生成时间(两两资料对比)总体为JMA-CMA差异最小(相关系数最大)而JMA-JTWC最大(相关系数最小);年平均差异均呈现出线性下降趋势;热带气旋活跃的夏秋季节,月平均差异均维持在各自总体均值附近变化,非活跃的冬季月份间相差较大。热带气旋生成早晚比例(两两资料对比)总体为JMA≤CMA和JMA≤JTWC, CMA≤JTWC的概率更大;年平均中均存在某一情形(JMA>CMA、JMA=JTWC和CMA=JTWC)比例较小且随年份稳定在一定区间内变化,另外两种情形随年份呈现出此消彼长的变化趋势和明显的年代际变化特征;月平均中大多数月份JMA<CMA和JMA<JTWC的概率更大,而5—10月CMA<JTWC的概率更大。

关键词: 热带气旋生成;西北太平洋;统计分析

中图分类号: P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2022)03-0037-10

1 引言

热带气旋生成诊断是热带气旋预报和研究的重要方向之一,诊断的准确性直接决定着热带气旋预报的精度和时效长短^[1-2]。

在热带气旋生成诊断预报等的研究过程中,大多需要结合热带气旋最佳路径集资料开展研究。目前常用资料主要包括3种,分别为中国气象局(China Meteorological Administration, CMA)资料、日本气象厅(Japan Meteorology Agency, JMA)资料和美国联合台风警报中心(Joint Typhoon Warning Center, JTWC)资料。由于不同气象业务预报中心对于热带气旋生成及强度和中心位置等确定的标准不同,不同最佳路径集资料存在一定差异,如热

带气旋数量和生成时间不同,同一热带气旋同一时刻的强度和中心位置不同等。研究过程中发现,最佳路径集资料间的差异性很有可能直接影响热带气旋生成诊断预报等研究的效果。例如,基于卫星资料或数值预报产品的热带气旋生成诊断中,大多仅利用单一最佳路径集资料评估诊断预报效果^[3-5],实际上由于不同最佳路径集资料,对于热带气旋生成的时间存在差异(后续统计表明,部分个例生成时间差异较大),结合不同最佳路径集资料开展分析可能出现明显相反的预报结果,如利用某一资料能在热带气旋生成前进行准确预报而利用另一资料则不能,进而影响热带气旋生成诊断算法的效果评估。

热带气旋最佳路径集资料在统计方面的应用

收稿日期: 2021-03-16; 修回日期: 2021-05-12。

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(41605075)。

作者简介: 钟剑(1984-),男,工程师,博士,主要从事海洋气象水文要素预报和热带气旋研究。E-mail: zhj_zhongjian@163.com

主要包括两个方面,利用单一资料开展热带气旋特征统计分析以及利用多种资料开展特征差异统计分析。对于前者,目前大多局限于热带气旋路径和强度等特征方面^[6-7]。在热带气旋生成方面,王彦磊等^[8]选择CMA资料对西北太平洋热带气旋生成数量的月份和年份基本特征进行了统计分析,但该研究并未考虑不同资料间热带气旋生成数量的差异,同时也未开展每年第一个热带气旋生成特征统计等相关方面研究。对于不同资料在热带气旋特征统计方面的应用,目前也主要集中在热带气旋的路径和强度等特征方面^[9-12]。吴胜安等^[13]开展了西北太平洋热带气旋生成数量在不同资料集中的差异性对比分析,主要侧重于热带气旋不同等级数量的差异、生成数的一致性、周期变化和年代际特征等,并未系统分析不同资料间热带气旋生成时间差异的年变化、月变化和分区域变化特征等。

鉴于最佳路径集资料在热带气旋生成诊断预报等研究中的重要性,对热带气旋生成特征和不同资料间生成差异特征开展系统的统计分析显得尤为必要。本文利用CMA、JMA和JTWC热带气旋最佳路径集资料,在对3种资料进行预处理的基础上,开展热带气旋生成数量、位置、时间差异平均和生成早晚比例特征的分析研究。

2 资料及其预处理

本文所用资料包括JMA、CMA和JTWC的热带气旋最佳路径数据集,数据时间范围为1951—2017年。CMA资料来自中国气象局(网址:<http://www.typhoon.gov.cn>);JMA资料来自日本气象厅(网址:<http://www.jma.go.jp>);JTWC资料来自美国联合台风警报中心(网址:<http://weather.unisys.com>)。

针对3种热带气旋最佳路径集资料,主要开展以下预处理:

(1)JTWC资料等级确定。对于1951—1999年JTWC资料,并未记录热带气旋对应等级信息,利用最大风速定义热带气旋各个时次对应的等级。具体如下:

风速小于25节,定义为热带扰动级别;

风速大于等于25节,小于35节,定义为热带低压级别;

风速大于等于35节,小于65节,定义为热带风暴级别;

风速大于等于65节,小于130节,定义为台风级别;

风速大于等于130节,定义为超强台风级别。

(2)JTWC资料冗余记录剔除。对于1961—1971年JTWC资料,同一热带气旋(或热带扰动)有时存在两个记录信息,两个信息仅存在很小差异(如多记录一个时次信息等)。采用的方法是删除其中一个多余记录信息。

(3)CMA资料冗余记录剔除。对于1952—1997年CMA资料,同一热带气旋(或热带扰动)有时存在2~4个记录信息,多个记录信息间有的是对同一热带气旋(或热带扰动)进行连续记录,有的与其中某一记录仅存在很小差异(如多记录一个时次信息等)。采用的方法是对多个记录信息进行合并,或删除其中多余的记录信息。

(4)3种资料名字匹配和排序。名字匹配主要针对1951—2004年JTWC资料,此期间JTWC资料并未记录热带气旋名字,结合JMA和CMA资料信息,对JTWC热带气旋进行名字匹配。热带气旋排序主要是对3种资料中热带气旋记录的前后顺序进行调整,使得热带气旋出现顺序一致。整理后的3种最佳路径集数据可通过邮件咨询获取。

经过相关预处理得到1951—2017年,3种最佳路径集中均有记录的热带气旋数量为1 638个。

3 热带气旋生成数量和位置特征

(1)热带气旋生成数量特征

图1给出了1951—2017年热带气旋生成数量的年变化和月变化。热带气旋生成数量最多为35个(1967年),最少为14个(2010年),年平均24.5个;1995年后热带气旋生成数量均在28个以下。这跟前人^[12]的部分研究有所差异,主要原因为本文中仅统计3种资料中均有记录的热带气旋。

图1显示,热带气旋生成数量呈现出“递增(1967—1971年)—递减(1971—1983年)—递增(1983—1994年)—稳定(1994—2017年)”的年变化趋势。热带气旋生成数量月变化显示,2月生成数量最少(0.15个),8月生成数量最多(4.87个),2—8

月呈现出递增趋势,8月一次年1月呈现出递减趋势。

(2)热带气旋生成位置基本特征

虽然不同资料热带气旋的生成位置存在一定差异,但这种差异并不影响热带气旋生成位置月变化特征的统计分析,3种资料热带气旋生成位置月分布和纬度月平均分布基本相同(图略)。热带气旋生成位置月分布呈现出明显的月变化特征。具体如下:

1)12月一次年4月,除个别热带气旋外(1951—2017年共4个),热带气旋均生成在菲律宾以东海域;中国南海海域热带气旋生成绝大多数集中在5—11月。

2)2—6月,除极个别热带气旋外(1951—2017年共1个),热带气旋均生成在170°E以西海域。

3)1—8月,热带气旋生成位置纬度整体逐步北抬,8—12月,热带气旋生成位置纬度整体逐步南

移。对于热带气旋生成的最高纬度,1—2月基本均位于10°N以南,3—4月部分逐步可达10°N附近,5—6月部分可达10°~20°N之间,7—9月部分抬高到20°~30°N之间,10—11月20°N以上逐渐减少,12月最高纬度基本在10°N附近。对于热带气旋生成的最低纬度,1—4月在2°N附近,5—7月在4°N附近,8月抬高到6°N以北,9—10月在4°N附近,11—12月在2°N附近。图2a给出了CMA资料热带气旋平均生成纬度的月分布。图中显示,1—4月平均纬度基本维持在6°~8°N稳定区间,5—8月,随着月份递增,平均纬度逐渐由10.5°N增加到17.5°N左右,8月平均纬度达最大后,9—12月平均纬度逐渐由16°N减小到8.5°N左右。

(3)每年最早热带气旋生成纬度变化特征

1951—2017年,每年最早热带气旋生成于1—7月,每月生成个数分别为27、4、11、12、7、4和2个。图2b给出了3种资料每年最早热带气旋生成纬度

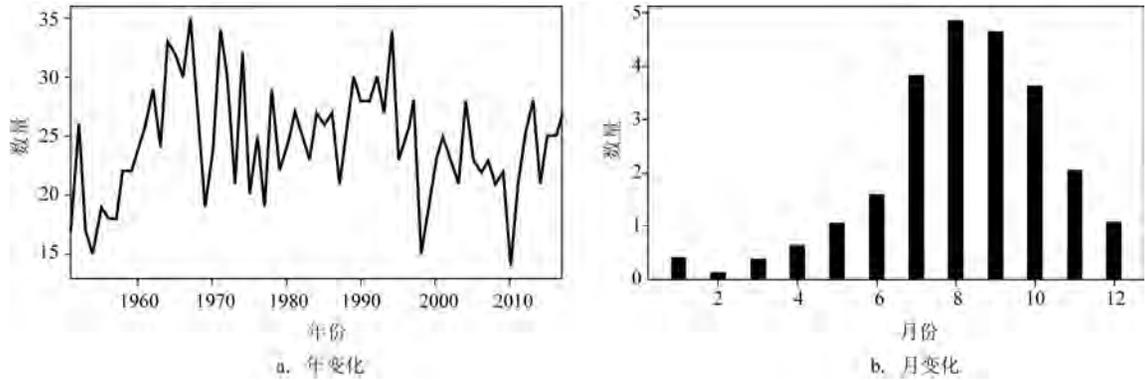


图1 热带气旋生成数量的年变化和月变化

Fig.1 Annual and monthly variation in the number of TCs genesis

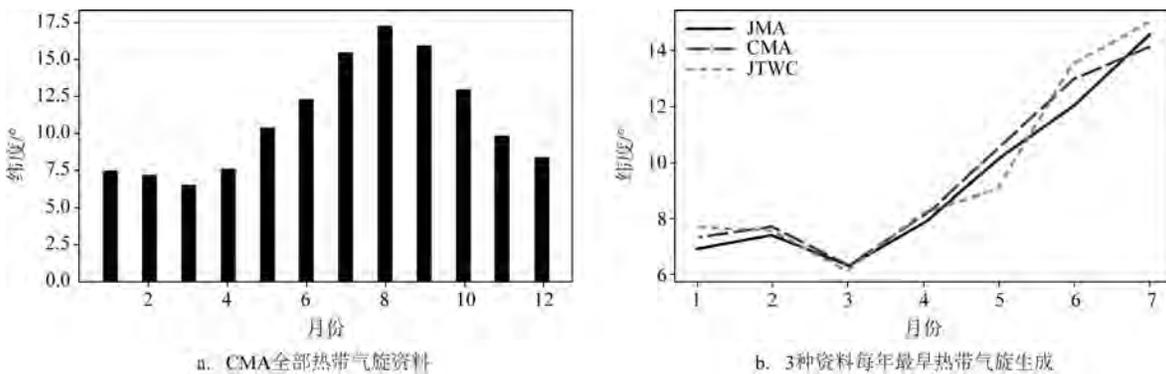


图2 热带气旋平均生成纬度的月平均变化

Fig.2 Variation of the mean latitude of TCs genesis

的月平均变化。图中显示,对于3种资料,最早热带气旋在1—2月生成时,平均纬度在7°~8°N之间,3月平均纬度达到最小,在6.25°N左右,3—7月,随着生成月份增加,平均纬度显著增加,4—7月3种资料均分别达到8°N、10°N、12°N和14°N左右。

(4)热带气旋生成时间相同两两资料间位置差异特征

资料统计表明,对于JMA-CMA、JMA-JTWC和CMA-JTWC,热带气旋生成时间相同个例分别为530个、197个和222个,年平均分别为7.9个、2.9个和3.3个,所占比例分别为32.4%、12.1%和13.6%;热带气旋生成位置的平均误差分别为34.91 km、109.32 km和109.5 km。由于JMA-JTWC及CMA-JTWC所占比例相对较低,位置差异特征不具有可代表性,下面仅分析JMA-CMA的位置差异特征。

JMA-CMA资料热带气旋生成时间相同所占比

例的年平均和月平均变化见图3。年变化呈现出3个阶段特征,即1951—1959年维持在30%~45%左右,1960—1989年维持在20%左右及以下,1990—2017年维持在40%左右及以上,2005—2012年更是达到80%~100%;月变化显示2月和3月明显大于平均值,分别达到48%和60%。

JMA-CMA资料热带气旋生成位置差异的年平均和月平均变化见图4。当热带气旋个数为0时,位置差异定义为整个时段内的平均误差。位置差异的年变化显示,1951—1989年呈现出递增趋势,1990—2017年明显减小,基本维持在50 km以下(需注意到,1990—2017年生成时间相同的热带气旋位置差异数量也明显增加,除1996—2000年和2014年外,热带气旋数量在10~22个之间)。位置差异的月变化显示,除1月(7个)明显高于平均值,达到104.6 km外,其他月份基本在平均值附近浮动(17~

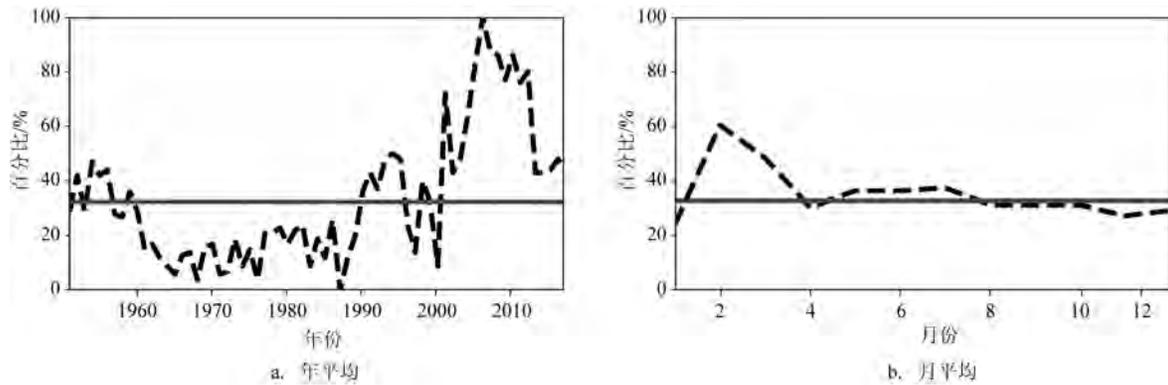


图3 JMA-CMA热带气旋生成时间相同所占比例(实线表示所有个例平均)

Fig.3 The proportion of TCs with same genesis time in JMA and CMA data sets(the solid line is the average proportion value.)

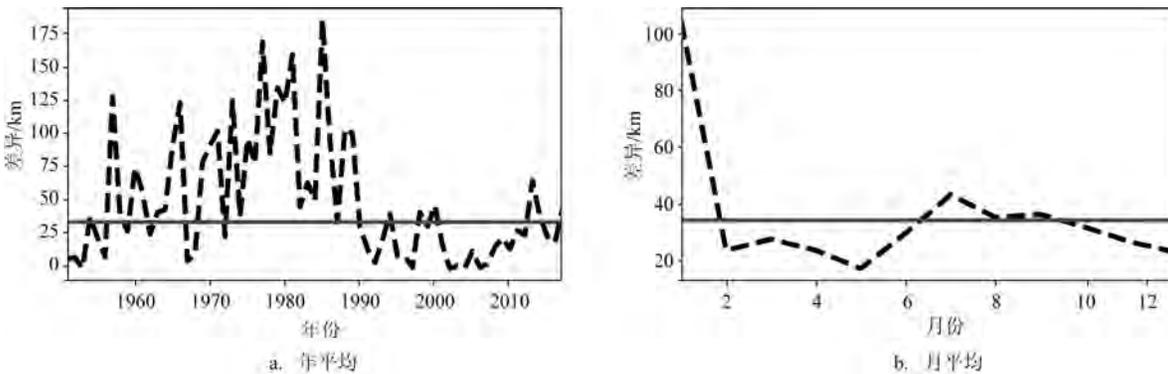


图4 JMA-CMA热带气旋生成时间相同的位置差异(实线表示所有个例平均)

Fig.4 The distance differences of TCs with same genesis time in JMA and CMA data sets(the solid line is the average proportion value)

44 mm 之间)。

4 热带气旋生成时间特征

(1)整个区域热带气旋生成时间差异平均特征

两两资料间热带气旋生成时间差异的整个区域统计见表1。表中显示,JMA-CMA、JMA-JTWC和CMA-JTWC的生成时间差异平均为16.72 h、25.90 h和21.09 h,相关系数(将热带气旋生成时间转换为每年中对应天数计算得到)分别为0.999、0.990和0.991,且均能通过0.05的显著性水平检验,JMA-CMA热带气旋生成时间差异最小且相关系数最大。时间差异最大值分别为198 h(1963年热带气旋“Trix”)、252 h(1963年热带气旋“Trix”)和198 h(1989年热带气旋“Winona”和1997年热带气旋“Oliwa”);差异较大个例(差异达到96 h及以上)主要集中在2004年以前,达到57个,2004—2017年仅1个。差异较大个例形成原因主要在于某一种资料定义其达到热带低压级别,而另一资料长时间仅定义其为热带扰动或热带云团。

表1 两两资料间热带气旋生成时间差异统计

Tab.1 Statistics of the time differences of TCs generation between each two of the datasets

对比资料	平均值/h	最大值/h	相关系数
JMA-CMA	16.72	198	0.999
JMA-JTWC	25.90	252	0.990
CMA-JTWC	21.09	198	0.991

图5表示两两资料间热带气旋生成时间差异的年平均和月平均变化。对于年变化,JMA-CMA呈现出先增加(1951—1968年,最大达到47 h)后减小(1968—2000年)再稳定(2001—2017年基本维持在10 h以下稳定区间)的变化特征;JMA-JTWC也呈现出先递增(1951—1968年,最大达到59.77 h)后减小(1968—1978年)再稳定(1978—2017年基本维持在10~30 h稳定区间)的变化特征;而CMA-JTWC呈现出基本维持在10~35 h稳定区间内浮动的变化特征。不同资料热带气旋生成时间差异随年份变化线性回归结果见表2。表中显示,3种资料在1951—2017年均呈现出线性下降趋势,且均能通过0.05的显著性水平检验,其中JMA-CMA线性回归系数相对最大,但线性回归均方根误差也最大,CMA-JTWC线性回归系数最小,但线性回归效果相对最好。从变化趋势来看,后续两两资料间每年的时间差异虽呈现出一定线性下降趋势,但主要维持在稳定区间。

表2 两两资料间热带气旋生成时间差异随年份线性回归结果(x表示年份,y表示生成时间差异,单位:h)

Tab.2 Linear regression with year of the TCs generation time differences for each two of the datasets (x is time, y is time differences, unit: h)

对比资料	线性回归方程	均方根误差
JMA-CMA	$y = -0.32 \times (x - 1950) + 27.23$	0.37
JMA-JTWC	$y = -0.31 \times (x - 1950) + 36.06$	0.29
CMA-JTWC	$y = -0.08 \times (x - 1950) + 23.70$	0.04

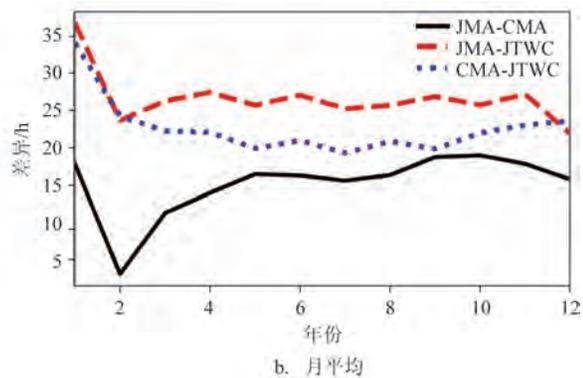
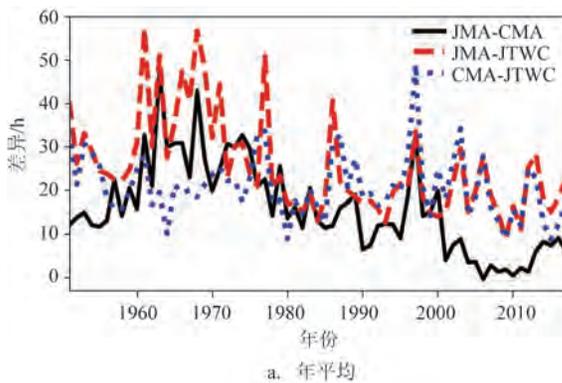


图5 热带气旋生成时间差异变化

Fig.5 The average of the time differences of TCs genesis

对于月变化,3组资料在热带气旋非活跃的冬季(12月—次年2月)月份之间相差较大,春季(3—5月)JMA-CMA和CMA-JTWC月份之间差异较小而JMA-JTWC维持在平均值附近变化;对于热带气旋活跃的夏秋季(6—11月)则均维持在各自平均值附近变化(JMA-CMA为11~19 h、JMA-JTWC为21~28 h、CMA-JTWC为19~24 h);3组资料均在1月达到最大,最小则分别出现在2月、12月和7月。

(2) 整个区域热带气旋生成早晚比例平均特征

两两资料间热带气旋生成时间早晚分布比例见表3。表中显示,对于热带气旋生成时间,JMA早于CMA和JTWC的比例分别达到55.4%和61.9%,晚于两者的比例分别为12.2%和26.0%,这表明,对于大部分热带气旋个例,JMA中的生成时间要早于或等于CMA和JTWC。同时,CMA中热带气旋生成时间早于和晚于JTWC的比例分别为48.0%和38.4%,这表明,CMA中热带气旋生成早于JTWC的概率稍大,但并未呈现出明显的早晚差异。

表3 两两资料间热带气旋生成时间早晚分布比例(单位:%)

Tab.3 The ration of the TCs generation sequence for each two of the datasets (unit:%)

对比资料	>0	<0	=0
JMA-CMA	12.2	55.4	32.4
JMA-JTWC	26.0	61.9	12.1
CMA-JTWC	38.4	48.0	13.6

两两资料间热带气旋生成时间早晚比例随年份变化见图6,分为等于(=)、早于(<)和晚于(>)3种情形。图中显示,对于年变化,两两资料间均存在某一情形维持在稳定区间内变化且所占比例相对较小情形,具体为JMA-CMA中的JMA>CMA情形、JMA-JTWC中的JMA=JTWC情形以及CMA-JTWC中的CMA=JTWC情形,均维持在30%以下区间变化。同时,每组资料中其他两种情形均呈现出此消彼长的变化趋势,并呈现出明显的年代际变

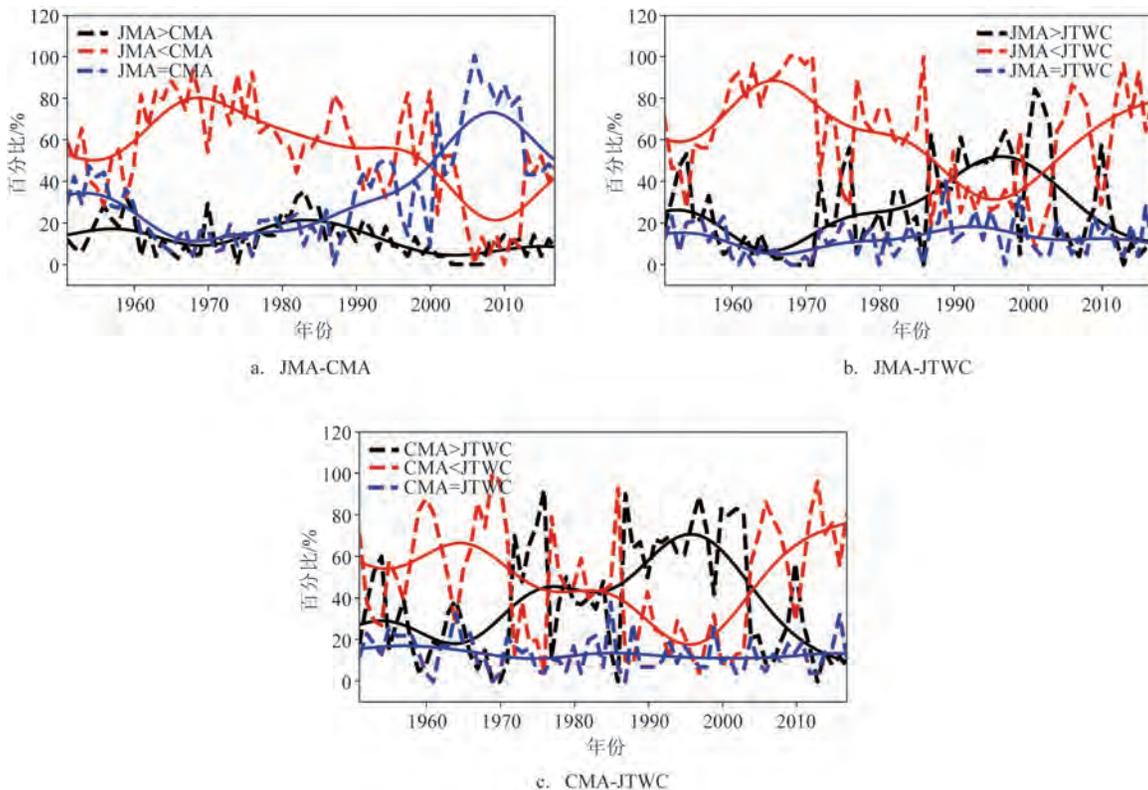


图6 两两资料间热带气旋生成时间早晚分布比例年平均变化(实线表示傅里叶7a滤波低频变化曲线)

Fig.6 Annual average of the ratio of the TCs generation sequence for each two of the datasets (The solid lines are for values with Fourier 7a low frequency filtering)

化特征。JMA-CMA 中, JMA<CMA 所占比例呈现出较大(1951—2000 年均在 40% 以上, 可达 90% 左右)到显著减小(2001—2017 年)的特征, JMA=CMA 呈现出与 JMA<CMA 相反的变化特征, 所占比例较大时大多在 50% 左右及以上, 可达 100%; JMA-JTWC 中, JMA>JTWC 所占比例呈现出较小(1951—1986 年)到明显增大(1987—2003 年大多达 50% 以上)到减小(2004—2017 年)的特征, JMA<JTWC 呈现出与 JMA>JTWC 相反的变化特征, 所占比例较大时大多在 50% 以上, 甚至可达 100%; CMA-JTWC 中, CMA>JTWC 所占比例呈现出较小(1951—1971 年)到增大(1972—1976 年大多在 50% 以上)到减小(1977—1986 年)到再增大(1987—2003 年大多在 50% 以上)到再减小(2004—2017 年)的特征, CMA<JTWC 所占比例则呈现出与此相反的年代际变化特征, 所占比例较大时多为 50% 以上。

同时, 参照吴胜安等^[13]分析年代际特征的处理方法, 对原始序列进行了傅里叶滤波处理, 去掉 7a 以下的高频变化部分, 结果(见图 6 实线)也呈现出

上述的年代际变化特征。

图 7 表示两两资料间热带气旋生成时间早晚比例的月平均变化。图中显示, 对于月变化, 两两资料间在热带气旋非活跃的冬春季(12 月—次年 5 月)月平均变化较大, 而在夏秋季(6—11 月)则均维持在各自平均值附近变化。对于 JMA-CMA, 均为 JMA>CMA 概率最小, 除 2 月和 3 月为 JMA=CMA 概率最大外, 其他月份均为 JMA<CMA 概率最大; 对于 JMA-JTWC, 均为 JMA=JTWC 概率最小, 除 2 月为 JMA>JTWC 概率更大外, 其他月份均为 JMA<JTWC 概率最大; 对于 CMA-JTWC, 均为 CMA=JTWC 概率最小, 5—10 月 CMA<JTWC 更大, 其他月份 CMA>JTWC 概率更大。

(3) 分区域热带气旋生成差异平均特征

西北太平洋热带气旋生成的大尺度环境场特征包括季风槽、季风辐合区域(偏西季风与偏东信风汇合区域)和季风切变线^[14-15](偏西季风以北的偏东信风区域)。张超等^[16]指出, 季风槽正常型主体可达 150°E 左右。结合西北太平洋热带气旋生成的大

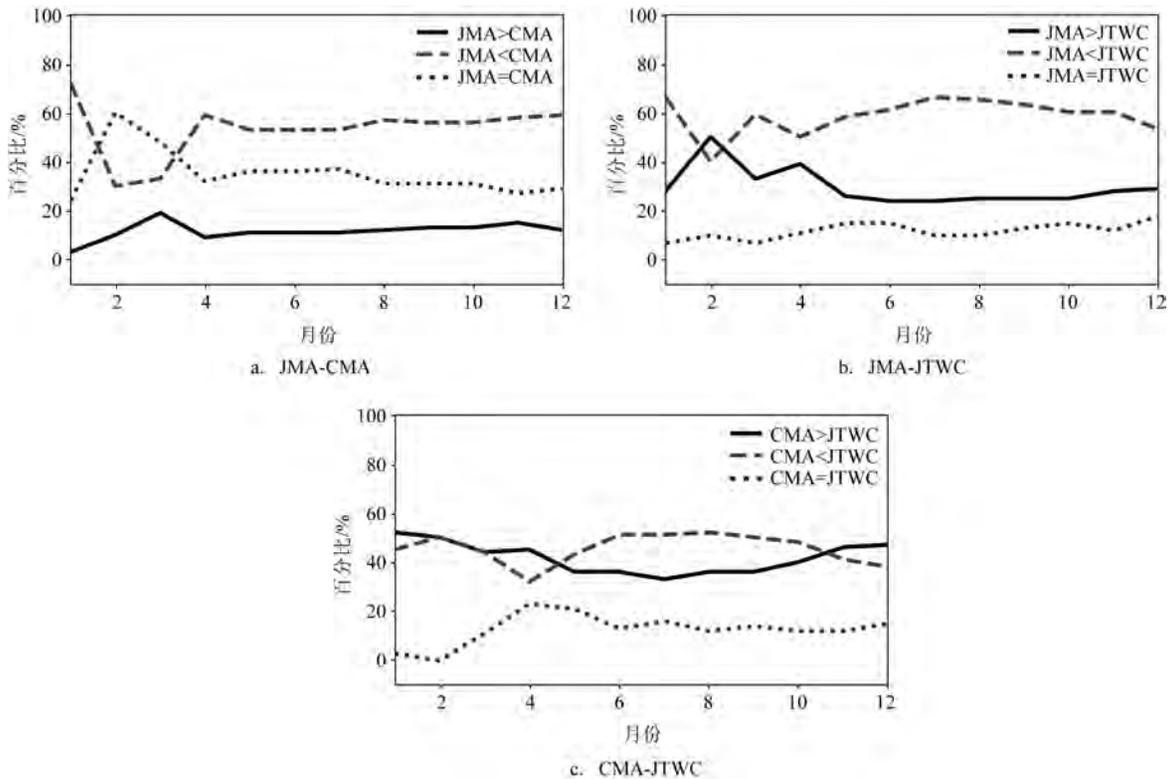


图7 两两资料间热带气旋生成时间早晚分布比例月平均变化
Fig.7 Monthly average of the ratio of the TCs generation sequence for each two of the datasets

尺度环境场特征及时间差异平均统计结果,本文将西北太平洋分为3个子区域:区域一(146°E以西海域)、区域二(146°E以东、13.5°N以南海域)和区域三(146°E以东、13.5°N以北海域)。以3种资料中热带气旋生成最晚时刻对应热带气旋中心经纬度作为分区域判断依据。

分区域热带气旋生成时间的差异平均和对应数量见表4。表中显示,区域一热带气旋生成数量最多,区域二和区域三热带气旋生成数量相当。同时,两两资料间不同区域对应的热带气旋生成时间差异存在明显不同特征,其中区域二中相对于整个区域均有明显减小,区域一中JMA-JTWC和区域三中JMA-CMA时间差异平均明显高于整个区域,区域一和区域三中其他资料时间差异平均基本与整个区域相当。

表4 分区域热带气旋生成时间差异平均和对应数量
Tab.4 Area average of the time differences of the TCs generation and the corresponding number of TCs

区域	JMA-CMA	JMA-JTWC	CMA-JTWC	数量
区域一	16.82	27.85	21.59	1 102
区域二	13.14	18.26	18.98	270
区域三	20.10	25.57	21.35	266
全部	16.72	25.90	21.09	1 638

5 总结和结论

本文利用1951—2017年CMA、JMA和JTWC的热带气旋最佳路径资料,在资料预处理的基础上,诊断分析了西北太平洋热带气旋生成特征及不同资料集间的差异特征。主要结论如下:

(1)热带气旋生成位置呈现出明显月变化和位置变化特征,其中1—8月生成纬度逐步北抬,9—12月生成纬度逐步南移,12月一次年4月中国南海和2—6月170°E以东海域几乎无热带气旋生成。每年最早热带气旋生成的平均纬度,1—2月在7°~8°N之间,3月最小,达到6.25°N,3—7月随着月份增加呈直线显著增加。

(2)对于热带气旋生成时间相同个例占比最多的JMA-CMA资料(达到32.4%)的位置差异,呈现出先递增(1951—1989年)后显著减小(1990—2017

年,差异在50 km以下)的变化趋势;除1月明显高于平均值(达到104.6 km),其他月份基本在平均值附近浮动(17~44 km之间)。

(3)对于两两资料间的热带气旋生成时间差异,整个区域平均总体为JMA-CMA最小(16.72 h) JMA-JTWC最大(25.90 h);对于年平均,JMA-CMA和JMA-JTWC均呈现出增加—减小—稳定变化特征,稳定变化区间分别为0~10 h(2001年后)和10~30 h(1978—2017年),CMA-JTWC稳定在10~35 h,且时间差异均呈现出线性下降趋势;对于月平均,3组资料在热带气旋非活跃的冬季(12月一次年2月)月份之间相差较大,对于热带气旋活跃的夏秋季(6—11月)则均维持在各自平均值附近变化;分区域平均差异特征显示,146°E以东、13.5°N以南海域生成时间差异相对其他区域更小。

(4)对于两两资料间的热带气旋生成早晚比例,大部分热带气旋个例JMA生成时间均早于或等于CMA和JTWC,比例分别达到87.8%和74%;对于年平均,JMA晚于CMA、JMA=JTWC和CMA=JTWC随年份基本维持在较小稳定区间内浮动变化,大多在30%以下,其他两种情形均呈现出此消彼长的趋势和明显的年代际变化特征;对于月平均,在热带气旋非活跃的冬春季(12月一次年5月)月份间均相差较大,对于热带气旋活跃的夏秋季(6—11月)则均维持在各自平均值附近变化,大多数月份JMA早于CMA和JTWC的概率更大,5—10月CMA早于JTWC的概率更大。

参考文献:

- [1] 周群,黄焕卿,张润宇,等. 2019年11月西北太平洋热带气旋生成频数异常偏多的成因分析[J]. 海洋预报, 2021, 38(1): 18-25.
Zhou Q, Huang H Q, Zhang R Y, et al. Study of the causation of anomaly higher tropical cyclone genesis frequency over the western North Pacific in November 2019[J]. Marine Forecasts, 2021, 38(1): 18-25.
- [2] 钟剑,马卫民,姜旻,等. 散射计海面风场资料在远洋航天气象保障中应用方向探讨[J]. 海洋预报, 2017, 34(6): 8-15.
Zhong J, Ma W M, Jiang M, et al. Application of the wind field from scatterometer observations in ocean-going meteorology support[J]. Marine Forecasts, 2017, 34(6): 8-15.
- [3] Jaiswal N, Kishtawal C M. Prediction of tropical cyclogenesis using scatterometer data[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2011, 49(12): 4904-4909.

- [4] Halperin D J, Hart R E, Fuelberg H E, et al. The development and evaluation of a statistical-dynamical tropical cyclone genesis guidance tool[J]. *Weather and Forecasting*, 2017, 32(1): 27-46.
- [5] 冯文, 黄伟健, 谭绮婷, 等. 一种基于多物理量阈值定义的热带气旋生成预报方法及在ECMWF全球模式中的应用验证[J]. *热带气象学报*, 2016, 32(6): 908-917.
Feng W, Wong W K, Tam Y T J, et al. Tropical cyclone genesis forecasting based on thresholds of multiple physical parameters and verification of performance using ECMWF model[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2016, 32(6): 908-917.
- [6] 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.
- [7] 乔光全, 冯曦, 冯卫兵, 等. 南中国海热带气旋时空分布及强度特征统计分析[J]. *海洋预报*, 2019, 36(6): 53-61.
Qiao G Q, Feng X, Feng W B, et al. Statistical analysis of the spatial and temporal distribution and intensity characteristics of tropical cyclones in the South China Sea[J]. *Marine Forecasts*, 2019, 36(6): 53-61.
- [8] 王彦磊, 李就, 余丹丹, 等. 西北太平洋热带气旋特征研究[M]. 北京: 解放军出版社, 2014: 5-20.
Wang Y L, Li J, Yu D D, et al. Tropical cyclone characteristics for northwest Pacific[M]. Beijing: PLA Press, 2014: 5-20.
- [9] 孙红梅, 汤杰, 雷小途. 不同数据集下西北太平洋热带气旋变性特征的比较[J]. *热带气象学报*, 2014, 30(3): 443-454.
Sun H M, Tang J, Lei X T. Comparisons of the characteristics of tropical cyclones experiencing transition in the western North Pacific based on different datasets[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2014, 30(3): 443-454.
- [10] 邹燕, 赵平. 几种台风资料的对比及台风年鉴数据的订正[J]. *热带气象学报*, 2009, 25(3): 295-299.
Zou Y, Zhao P. Comparison of tropical cyclone datasets and a data-correction scheme for data from TC yearly book[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2009, 25(3): 295-299.
- [11] 余锦华, 盛思伟. 西北太平洋热带气旋强度资料的对比[J]. *气象科学*, 2010, 30(6): 778-784.
Yu J H, Sheng S W. Comparison of tropical cyclone intensity data over western North Pacific[J]. *Scientia Meteorologica Sinica*, 2010, 30(6): 778-784.
- [12] 梁进, 任福民, 杨修群. 中美两套西北太平洋热带气旋资料集的差异分析[J]. *海洋学报*, 2010, 32(1): 10-22.
Liang J, Ren F M, Yang X Q. Study on the differences between CMA and JTWC tropical cyclone datasets for northwest Pacific [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2010, 32(1): 10-22.
- [13] 吴胜安, 孔海江, 吴慧. 西北太平洋热带气旋生成数在不同资料集上的差异性比较[J]. *热带气象学报*, 2009, 25(6): 660-666.
Wu S A, Kong H J, Wu H. Differences among different databases in the number of tropical cyclones forming over the western North Pacific[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2009, 25(6): 660-666.
- [14] Ritchie E A, Holland G J. Large-scale patterns associated with tropical cyclogenesis in the western Pacific[J]. *Monthly Weather Review*, 1999, 127(9): 2027-2043.
- [15] Fu B, Peng M S, Li T, et al. Developing versus nondeveloping disturbances for tropical cyclone formation. Part II: Western North Pacific[J]. *Monthly Weather Review*, 2012, 140(4): 1067-1080.
- [16] 张超, 张庆红. 2000-2008年西北太平洋热带扰动的时空分布特征[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2011, 47(2): 278-286.
Zhang C, Zhang Q H. Spatial temporal characteristics of tropical disturbances over the northwestern Pacific during 2000-2008[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2011, 47(2): 278-286.

Analysis of the different characteristics of tropical cyclogenesis among different best track data in the northwest Pacific

ZHONG Jian, ZHOU Qing, GU Shendan, WANG Liqun, SUN Yimei, HAN Miaomiao
(China Satellite Maritime Tracking and Control Department, Jiangyin 214431 China)

Abstract: Using the best track data of the China Meteorological Administration (CMA), the Japan Meteorology Agency (JMA) and the Joint Typhoon Warning Center (JTWC) of the United States from 1951 to 2017, the characteristics of the tropical cyclogenesis (TCG) in the northwest Pacific and the difference among different datasets are studied in this paper. The results of the statistical analysis show that the location of TCG gradually moves northward from January to August, and gradually moves southward from September to December. Few tropical cyclone (TC) generates in the South China Sea from December to April and in the sea area east of 170°E

from February to June. The average latitude of the first TCG is the lowest in March, and increases from March to July. For the time of TCG, the overall difference is the smallest (correlation coefficient is the largest) between JMA and CMA, and is the largest (correlation coefficient is the smallest) between JMA and JTWC. The difference of annual average shows a linear decrease trend. The monthly average differences show small variation in summer and autumn of the TC active season, while there is large variation in winter and spring of the TC inactive season. For the ratio of TCs that generated earlier or later, the overall possibility is greater for JMA less or equal to CMA, JMA less or equal to JTWC, CMA less or equal to JTWC. The annual variation shows a small and sustainable possibility for the situations of JMA greater than CMA, JMA equal to JTWC and CMA equal to JTWC, while the other two situations of each dataset show characteristics of see-saw and inter-decadal variation. The monthly variation shows that the probability of JMA less than CMA and JMA less than JTWC is greater in most months, and the probability of CMA less than JTWC is greater from May to October.

Key words: tropical cyclogenesis; northwest Pacific; statistical analysis