

刘尉,罗晓玲,陈慧华,等. 2014. 近 52 年广东开汛期特征及与前汛期降水的关系分析. 气象, 40(7):827-834.

近 52 年广东开汛期特征及与前汛期降水的关系分析^{*1}

刘尉^{1,2,3,4} 罗晓玲¹ 陈慧华¹ 黄珍珠¹

1 广东省气候中心, 广州 510080
2 广州地理研究所, 广州 510070
3 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640
4 中国科学院研究生院, 北京 100049

提 要: 利用广东省 86 个气象台站近 52 年(1962—2013 年)逐日降水量资料,统计了逐年各台站及全省开汛期(rain season onset date/RSOD),并对广东省开汛特征及其与前汛期降水的关系进行了分析。分析结果表明:(1)广东省开汛期多集中在 3 月下旬至 4 月中旬,最早和最迟开汛期相差 94 d;(2)广东省东南大部、北部大部较中部大部和西南部开汛早,雷州半岛开汛最迟;(3)广东省开汛可分为突发型开汛和渐进型开汛两种类型;(4)广东省开汛期年(代)际变化特征明显,存在 15~16 a 的年代际振荡周期,1986 年为年代振荡周期变化的转折点,前后分别存在 8 a 和 5~6 a 的年代振荡周期;(5)各台站开汛期与 3 月下旬及 4 月降水相关性最好,与 5、6 月及前汛期降水的相关性差;(6)广东开汛异常偏早(晚)年,其前冬 500 hPa 高度场存在明显差异。

关键词: 开汛期, 年代际变化, 前汛期降水, 500 hPa 高度场

中图分类号: P466 **文献标志码:** A **doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2014.07.006

Characteristics of Rain Season Onset Date and Its Relationship with First Rainy Season Precipitation of Guangdong in Recent 52 Years

LIU Wei^{1,2,3,4} LUO Xiaoling¹ CHEN Huihua¹ HUANG Zhenzhu¹

1 Guangdong Climate Centre, Guangzhou 510080
2 Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070
3 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640
4 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstract: Based on recent 52 years (1962—2013) daily precipitation data of 86 weather stations in Guangdong, the annual rainy season onset dates (RSOD) of each station were counted, and the characteristics of the rainy season onset and its relationship with the first rainy season precipitation were analyzed. The results indicate that: (1) The RSOD is mainly concentrated in the last dekad of March to the mid dekad of April, and there is a 94 d gap between the earliest and the latest dates; (2) The rainy season begins earlier in southeast and north of Guangdong than in the southwestern part, and the latest in Leizhou Peninsula; (3) The rainy season begins in the two types of abrupt onset and gradual onset; (4) The RSOD has an inter-decadal oscillation period of 15—16 years, and respective inter-annual oscillation period of 8 years and 5—6 years pre and post 1986; (5) The RSOD has good correlations with late March and April precipitation

^{*} 华南区域气象中心科技攻关重点项目(GRMC2012Z04 和 GRMC2014Z01)共同资助
2013 年 4 月 22 日收稿; 2013 年 10 月 19 日收修定稿
第一作者:刘尉,主要从事农业气象业务、农业气候资源区划、遥感及 GIS 应用等工作. Email:liuwei@grmc.gov.cn

but is poor with precipitation in May, June and the first rainy season; (6) The 500 hPa circulation differs greatly between the RSOD earlier years and the later years.

Key words: rainy season onset date, inter-decadal variation, the first rainy season precipitation, 500 hPa height field

引言

广东位于中国大陆的南端,地处低纬,濒临南海,具有明显的亚热带、热带海洋性和季风气候特征。当季节交替,冬季风减弱,夏季风活跃时,广东成为冷暖空气交汇的必然之地。加之广东地形南低北高的特点,有利于南来暖湿空气的抬升和水汽在南岭以南的堆积,从而使广东成为全国降水最充沛的地区之一(潘家念,2000)。每年的4—6月是广东经历的第一个多雨时期,也是全省大部分地区一年中降水量最集中的时段,大部分地区降水量在600~900 mm之间,中、北部地区前汛期降水量约占全年降水量的40%~50%(林良勋,2006)。这段时期暴雨和局地强对流天气多发,常导致局地性山洪暴发、泥石流和山体滑坡等地质灾害,称之为前汛期。

广东开汛期标志着广东省前汛期的开始,其对政府制定农业生产、防洪防涝等相关决策具有重要意义。对汛期降水特征方面的研究工作开展过很多,李江南等(2002)、李晓娟等(2012)分别对广东汛期降水气候特征和广东前汛期大到暴雨频数的时空特征进行了研究;吴丽姬等(2007)、李丽平等(2010)、伍红雨等(2011)和袁媛等(2012)对华南区域持续性暴雨、极端降水、雨日雨强或环流特征分别进行过研究。同时,在开汛期特征研究工作上,江晓南等(2009)对福建春季开汛时间变化特征及后期降水关系做了研究;郭其蕴等(1998)对华南前汛期开始日期的年际变化及年代际变化进行了分析;纪忠萍等(2005)亦分析了1951—2002年广东开汛日的年际变化特征,及其与环流场、海温场的关系。

随着近些年气候的变化,广东开汛特征发生了新的变化。本文对1962—2013年广东省开汛期,及各台站开汛期进行重新计算,并对其时空分布特征进行分析。研究结果不仅有利于广东省开汛期规律的研究,而且对广东乃至华南开汛期及前汛期降水的研究和预报亦具有参考价值。

1 资料和方法

1.1 资料来源

广东省人工气象台站1962—2013年,逐年3月1日以来逐日08—08时降水量、20—20时降水量以及3月下旬、4—6月(前汛期)逐月降水量资料。由于各气象台站建站时间不一,各年间有观测资料的气象台数分别为:1962—1964年间78个、1965—1966年间82个、1967—1971年间85个、1972—2013年间86个。资料来源于广东省气象信息中心;环流数据为NCEP再分析资料。

1.2 开汛期计算方法

关于汛期开始日期的研究在多篇中已有所涉及,但不同地区关于开汛期的计算方法却多有不同,目前仍未形成一致的客观标准。林之光(1985)和张家诚(1991)提出以旬雨量作为指标来定义雨季开始,广西区相关业务单位(吴恒强,2003)从实际天气和生产服务出发,亦以旬雨量定义了雨季开始时间,郭其蕴等(1998)以候雨量定义了华南地区的开汛期标准。林国冲等(2009)在广东省开汛标准的基础上,对单站开汛指标进行了补充;强学民等(2008a; 2008b)对有关华南前汛期开始和结束日期的研究工作进行了总结,并提出综合考虑降水、环流及其他物理要素在前汛期开始和结束前、后的演变特征,从而客观、准确地划定各年前汛期的起始和结束日期。

本文所使用的开汛期计算方法为目前广东省气象部门在业务工作中使用的方法(林良勋,2006),其定义为:每年自3月1日起,某台站首个日降水量 ≥ 38 mm(大雨—暴雨)的日期,即为该台站的开汛期;同时,每年自3月1日起,广东86个(1972年前少于86个)气象台站中累计有二分之一以上台站达到开汛的日期,即为广东省的开汛期。

08—08时降水量与20—20时降水量均为日降水量的表示方法,但两者之间略有差异。按照上述

定义,分别计算各台站基于该两种降水量资料的开汛期,先达到 38 mm 降水量的日期,即为该台站开汛期。从当年 1 月 1 日开始,开汛期所在的日序即为开汛期日序。

开汛期常年值为 1981—2010 年 30 年开汛期的平均值。开汛期距平,即逐年开汛期与常年开汛期相差的日数,正值表示较常年开汛期偏晚,负值表示较常年开汛期偏早。

1.3 开汛期特征分析方法

对 1962—2013 年逐年开汛期距平进行 5 年滑动平均,对逐年距平值及逐年滑动平均距平值进行趋势变化分析。

采用小波函数对开汛期距平进行小波转换进而分析开汛期距平的周期变化特征。

采用相关分析对开汛期距平及降水量距平之间的关系进行分析。

采用合成分析对环流场的多年值进行合成变

换。

1.4 分析工具

小波分析采用以 Morlet 为小波母函数的 Fortran 小波变换程序进行;合成分析采用 GrADs 进行。

2 广东省开汛期的时间分布

2.1 广东省开汛期的时间分布特征

表 1 为按广东省开汛期定义统计出的 1962—2013 年广东省开汛期资料,结果与纪忠萍等(2005)获取的开汛期资料在多个年份有较大差异,差异原因值得对比分析。由本文统计结果可知,最早开汛期出现在 1983 年,为 3 月 1 日;最迟开汛期出现在 1963 年,为 6 月 2 日。最早和最迟开汛期相差 93 d。图1为1962—2013年开汛期在3—6月各旬出

表 1 1962—2013 年广东省开汛期
Table 1 The RSOD of Guangdong during 1962—2013 (mm-dd)

年份	开汛期/月-日	年份	开汛期/月-日	年份	开汛期/月-日	年份	开汛期/月-日
1962	5-9	1975	3-7	1988	4-12	2001	4-4
1963	6-2	1976	4-12	1989	4-3	2002	3-24
1964	4-2	1977	5-17	1990	4-9	2003	4-12
1965	4-5	1978	4-9	1991	4-5	2004	4-1
1966	4-4	1979	4-2	1992	3-26	2005	4-12
1967	3-31	1980	4-9	1993	4-17	2006	3-25
1968	3-25	1981	3-22	1994	4-22	2007	4-2
1969	4-12	1982	4-2	1995	4-10	2008	4-19
1970	4-12	1983	3-1	1996	3-30	2009	3-5
1971	4-29	1984	4-16	1997	3-28	2010	4-22
1972	4-15	1985	3-27	1998	4-9	2011	5-3
1973	4-3	1986	4-17	1999	4-17	2012	4-5
1974	4-1	1987	3-15	2000	4-2	2013	3-28

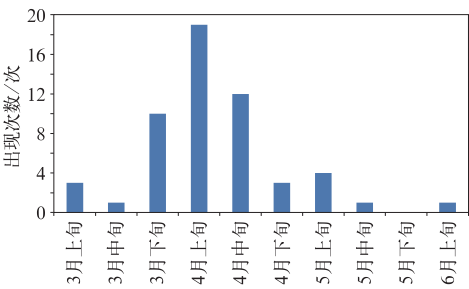


图 1 1962—2013 年广东省开汛期各时段分布图
Fig.1 Temporal distribution of Guangdong RSOD during 1962—2013

现的次数分布图。由图 1 可见,广东省开汛期多集中在 3 月下旬至 4 月中旬(占 79%),少数出现在 3 月上中旬及 4 月下旬至 6 月上旬(占 21%)。

虽然本文统计的开汛期资料与纪忠萍等(2005)的资料有差异,但本文关于最早(晚)开汛年及开汛集中期的结论与之是一致的。

2.2 各台站开汛期的时间分布特征

图 2 为广东省 86 个气象台站开汛期的常年(1981—2010 年)平均值分布。由图可知,广东省东

南大部、北部大部较中部大部和西南部开汛早,雷州半岛开汛最迟。从各台站常年开汛期(表 2)来看,龙门开汛最早,为 3 月 25 日,徐闻开汛最晚,为 5 月 11 日,两者间隔长达 47 d。

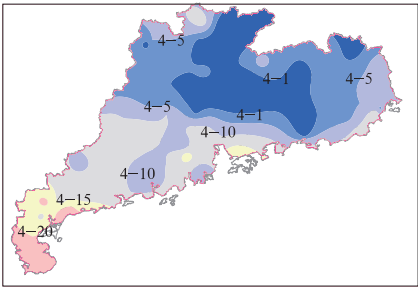


图 2 广东省各站常年平均开汛期分布图
Fig. 2 The 30a annual mean RSOD distribution of Guangdong

为了解气候变化背景下,广东省各区域常年平均开汛期的变化,本文计算了 1971—2000 年(前一个 30 年)各台站平均开汛期。图 3 为各台站 1981—2010 年平均开汛期较前一个 30 年平均开汛期的变化分布,负值表示开汛期提前,正值表示开汛期推迟。由图可知,广东省中东部开汛期略有提前,其中饶平、梅县提前最多,为 8 d,西北偏西和西南大部略有推迟,吴川推迟最多,为 9 d。

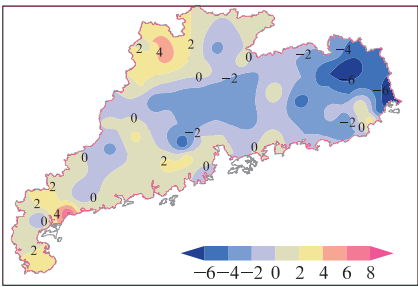


图 3 广东省各台站新旧 30 年平均开汛期的差值分布图

Fig. 3 The distribution of difference values between new and old 30 a annual mean RSOD

2.3 广东省开汛分型

由 2.2 节结果可知,广东省 86 个台站并非集中在同一日开汛。若是在全省开汛期前出现大范围的大雨—暴雨(日降水量 $\geq 38\text{ mm}$)降水过程,则多个台站的开汛期将可能相对集中;若是在全省开汛期前出现多次小范围的大雨—暴雨降水,则各台站开

汛期可能出现在多个相对分散的自然日。针对这两种开汛特征,本文提出将广东省开汛分为两种类型,即突发型开汛和渐进型开汛。

考虑到影响开汛的降水过程可能持续 1 d 以上,本文将全省开汛期当天及前一天定义为全省“开汛期间”(共 2 d)。将全省开汛期间内开汛的台站数定义为“开汛期间开汛站数”,将全省开汛期间之前开汛的台站数定义为“开汛期前开汛站数”,将全省开汛期之后开汛的台站数定义为“开汛期后开汛站数”。对 1962—2013 年逐年各开汛站数求平均,得到多年平均开汛期前开汛站数为 28 个,开汛期间开汛站数为 21 个,开汛期后开汛站数为 36 个。

根据对逐年开汛站数统计特征的分析,本文提出:

若开汛期前开汛站数 ≤ 14 个,且开汛期间开汛站数/开汛期前开汛站数 ≥ 2 ,则广东省开汛属于突发型开汛;若不满足上述条件,则为渐进型开汛。

按照上述标准,对 1962—2013 年开汛期间(前)开汛站数进行统计(图 4),认为 1965、1967、1968、1974、1976、1982、1983、1987、1996、2002、2004、2007 和 2009 年广东省开汛属于突发型开汛,其他年份则属于渐进型开汛。

3 广东省开汛期的年(代)际变化

3.1 广东省开汛期年(代)际变化

图 5 为 1962—2013 年逐年广东省开汛期距平值、及 5 年滑动平均值曲线,零值线代表常年(1981—2010)平均开汛期,为 4 月 3 日。根据广州中心气象台标准(纪忠萍等,2005),常年开汛期前后 10 d 以内开汛为正常,前后 20 d 以外开汛为异常。由此可见,开汛异常偏早的年份有 4 年(1975、1983、1987 和 2009 年),异常偏迟的年份有 5 年(1962、1963、1971、1977 和 2011 年),异常多出现在奇数年。该结论与纪忠萍等(2005)的研究结果基本一致。

从 5 年滑动平均值曲线来看,开汛期具有比较明显的年代际变化特征。20 世马 80 年代之前,开汛期多有偏迟;80 年代,开汛期多为偏早;90 年代开汛期又多为偏迟;2001—2010 年开汛期多与常年持平。

为了解气候变化背景下广东省常年平均开汛

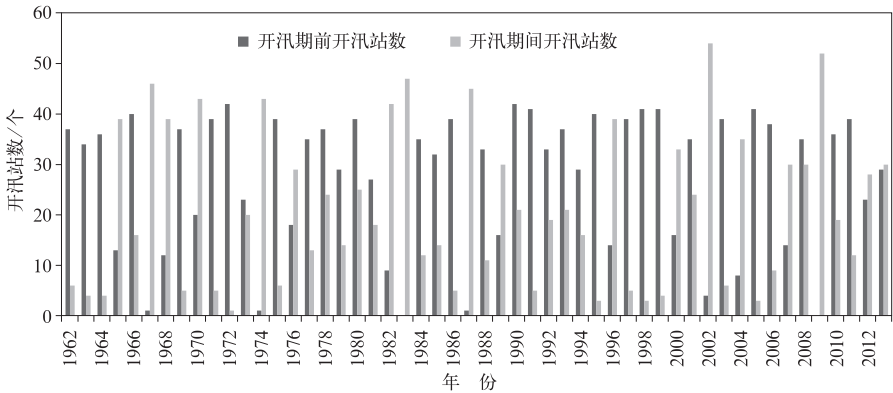


图 4 1962—2013 逐年开汛期前(间)开汛站数变化图
Fig. 4 The annual number of station pre/in RSOD period during 1962—2013

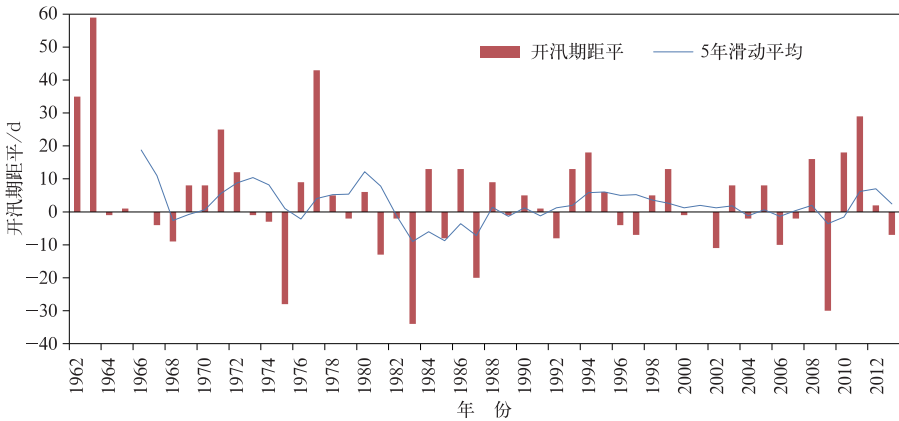


图 5 1962—2013 逐年广东省开汛期距平值及 5 年滑动平均变化图
(零值代表 1981—2010 平均值:4 月 3 日)

Fig. 5 Annual Guangdong RSOD anomaly and its 5 a moving average value during 1962—2013

期的变化,本文对 1971—2000 年开汛期求平均,得到前一个 30 年的常年平均开汛期为 4 月 6 日,新 30 年的常年开汛期(4 月 3 日)较之略为提前。

3.2 广东省开汛期周期变化

图 6 为 1962—2013 年开汛期逐年距平值经小波变换后得到的小波系数分布图,由图 6 可知,开汛期在近 52 年存在 15~16 a 的年代际振荡周期,但在 20 世纪 80 年代前后却存在尺度不同的年代振荡周期。进一步对 1962—1993 年和 1984—2013 年资料序列进行小波变换,分别得到两个时期小波系数分布(图略)。认为,1986 年为年代振荡周期变化的转折点,之前存在 8 a 的年际振荡周期,之后年际振荡周期变为 4~6 a。另外,在 80 年代存在 2 a 的年际振荡周期。

郭其蕴等(1998)认为华南开汛期具有明显的年

际变化和年代际变化,与本文结论吻合;谷德军等(2012)的研究结果表明,广东开汛期存在显著的 6 a 和较明显准 17 a 周期振荡,纪忠萍等(2005)也认为广东开汛存在准 2~3、4~7 以及 15 a 左右的周期变化,他们的研究结果均与本文研究结果相似。

另外李晓娟等(2012)对广东省前汛期大到暴雨频数的时空变化特征分析结果中,提到大到暴雨频次变化周期在 1985 年后有缩短趋势,以 4~5 a 短周期为主,该结论与本文结论相似。但本文研究的广东省开汛期变化周期,是否与大到暴雨频次的变化有必然联系,还值得进一步探讨。

4 开汛期与前汛期降水关系

为探讨开汛期早晚与前汛期(4—6 月)及 3 月下旬降水的关系,本文对全省 86 个气象台站

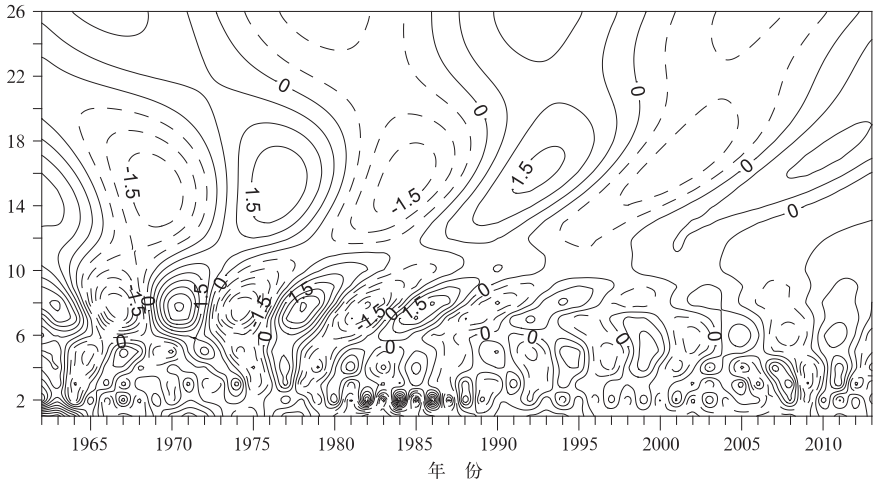


图 6 1962—2013 年广东省开汛期距平小波系数分布图

Fig. 6 The wavelet coefficient for Guangdong RSOD anomaly during 1962—2013

1962—2012 年逐年 3 月下旬、4—6 各月降水量距平数据,与对应的开汛期距平数据进行了相关分析。大部分台站的样本数为 $n=51$,但由于个别台站建站时间偏晚,样本数略少,如茂名站样本数最少仅为 $n=41$ 。

分析结果表明:广东各台站开汛期早晚仅与 3 月下旬及 4 月降水量距平有较好的负相关关系,即开汛日偏晚则 3 月下旬及 4 月降水量偏少,开汛日偏早则 3 月下旬及 4 月降水量偏多。广东各台站开汛期早晚与前汛期(4—6 月)及 5、6 月降水量的多寡无明显关系。

在全省 86 个台站中,前汛期降水量距平与该站开汛期距平相关系数仅有 34 个站通过显著水平为 0.05 的检验;5 和 6 月降水量距平与该站开汛期距平相关系数(图略)仅有 14 和 2 个站通过显著水平为 0.05 的检验。而在全省 86 个台站中,3 月下旬与 4 月降水量距平与该站开汛期距平相关系数(图 7),分别有 55 和 50 个站通过显著水平为 0.05 的检验,这其中又分别有 37 和 32 个台站通过显著水平为 0.01 的检验。上述结论与纪忠萍等(2005)的研究结果基本吻合。

由图 7a 可知,3 月下旬降水量与开汛期距平相关系数通过显著性检验的台站主要集中在东部大部、中西部偏东地区以及雷州半岛,表明这些地区若是开汛偏早,则 3 月下旬降水量以偏多为主;反之,若是开汛偏晚,则 3 月下旬降水量以偏少为主。

从图 7b 可知,4 月降水量与开汛日距平相关系数通过显著性检验的台站主要集中在东南大部、东

北部分地区、西南偏西以及中部局部。表明这些地区若是开汛偏早,则 4 月降水量以偏多为主;反之,若是开汛偏晚,则 4 月降水量以偏少为主。

综合来看,东部的河源和广惠局部地区,其开汛迟早主要影响该地区 3 月下旬降水的多寡,而与 4 月降水相关性不大;而西南部的茂名地区与此相反,

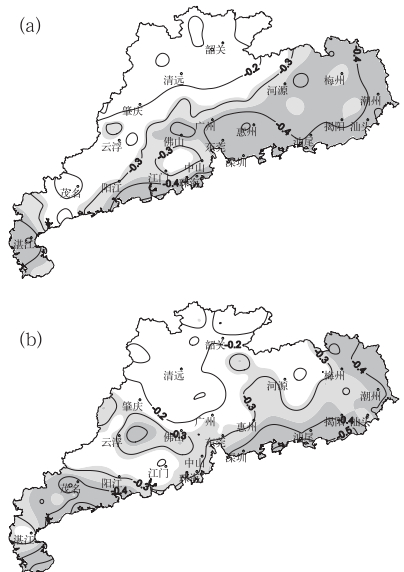


图 7 广东 86 台站开汛期距平与 3 月下旬(a)及 4 月(b)降水量距平相关系数分布图

(图中浅色区域和深色区域分别对应相关系数通过 0.05 和 0.01 显著性水平检验)

Fig. 7 The distribution of correlation coefficients between RSOD anomaly and late March/April precipitation (The dark and light areas are passing 0.05 and 0.01 significant tests respectively)

其开汛迟早主要影响该地区 4 月降水的多寡,而与 3 月下旬降水相关性不大。

5 前冬 500 hPa 环流特征

众多研究表明,北半球冬季环流变化对后期环流存在一定影响,纪忠萍等(2005)、江晓南等(2009)分析了前冬环流对开汛期的影响。本文亦利用合成分析工具对前冬(12 月至次年 2 月)500 hPa 环流进行了特征分析。

5.1 开汛异常偏早(晚)年环流特征

为了了解广东开汛期偏早和偏晚年所对应的环流场特征,选取 3.1 节所述的开汛异常偏早年(1975、1983、1987 和 2009 年)与异常偏晚年(1962、1963、1971、1977 和 2011 年),分别做前冬 500 hPa 高度场及高度距平场的合成(图 8)。

结果表明,开汛异常偏早年(图 8a),极涡较强,中心强度约为 5040 gpm,较常年偏低 40 gpm 以上,北美大槽、东亚大槽较浅,欧洲浅槽偏东,且三槽中心距平值均为正,表明开汛异常偏早年西风带上的这三个平均槽均偏弱,另外副热带高压面积大,强度偏强,位置偏西;而开汛异常偏晚年(图 8b),极涡中心强度约为 5120 gpm,与常年持平,北美大槽、东亚大槽较深,欧洲浅槽偏西,且三槽中心距平值均达到 -60 gpm 左右,表明开汛异常偏晚年西风带上的这三大槽均偏强,同时三槽之间的三脊形势较偏早年前冬明显。

为了更为直观地了解开汛异常偏早年与异常偏晚年的环流场差异,对两者对应的前冬 500 hPa 高度场进行差值合成(图略)。结果表明,开汛异常偏早年与异常偏晚年在 500 hPa 高度场上差异明显。在高纬有 2 个明显的负值中心,一个在北大西洋的格陵兰岛上空,另一个在北太平洋的阿留申群岛上空,两个负值中心值均达到了 -100 gpm;在中低纬有 3 个明显的正值中心,分别位于北美洲加拿大和美国东边境,大西洋东北部到欧洲西海岸,和西太平洋日本岛以南、琉球群岛以东的西北太平洋上,3 个正值中心值均达到了 60 gpm。

综上所述,开汛异常偏早(晚)与东亚大槽、北美大槽及欧洲浅槽的位置和强度密切相关。该结果与纪忠萍等(2005)的研究结果是高度一致的。

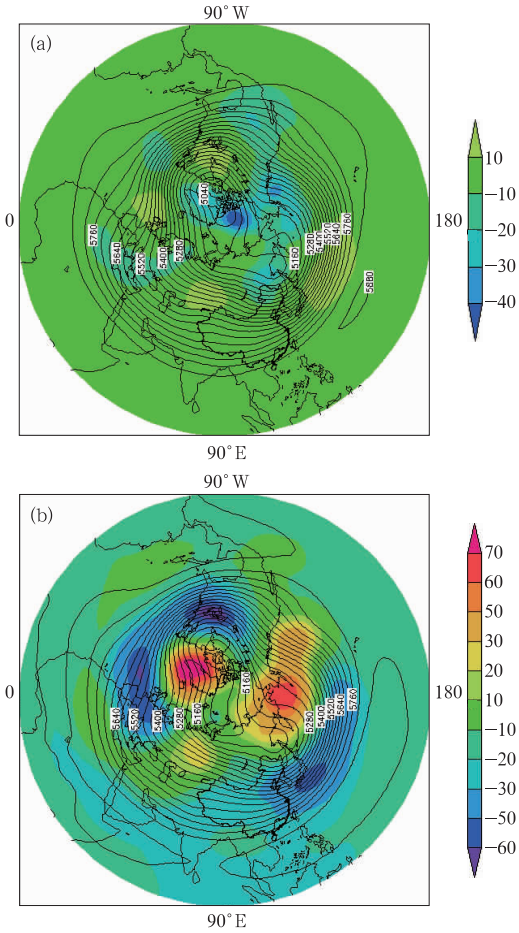


图 8 广东开汛异常偏早年(a)和异常偏晚年(b)北半球冬季 500 hPa 高度场及距平场合成图(单位:gpm)
Fig. 8 Composite mean and anomaly of 500 hPa geopotential height in winter corresponding to the Guangdong RSOD earlier years (a) and later years (b) (unit: gpm)

5.2 不同开汛类型年环流特征

在 2.3 节,认为可以将广东开汛分为突发型开汛和渐进型开汛。为了了解不同开汛类型对应的环流场差异,根据图 4 选取典型的突发型开汛年份(1967、1974、1983、1987、2000 和 2009 年)与典型的渐进型开汛年份(1972、1991、1995、1998、1999 和 2005 年),对其前冬 500 hPa 高度场进行差值合成(图略)。结果表明,不同开汛类型年的前冬环流特征无明显差异。

6 结 论

本文统计了近 52 年逐年广东省各台站及全省

开汛期,并对广东开汛特征及其与前汛期降水的关系进行了分析,同时对具有不同开汛期特征年份的500 hPa高度场进行了合成分析。主要结论如下:

(1) 近52年,广东省开汛期多集中在3月下旬至4月中旬(占79%),少数出现在3月上中旬及4月下旬至6月上旬(占21%),最早和最迟开汛期相差94 d。

(2) 从各台站常年开汛期来看,广东省东南大部、北部大部较中部大部和西南部开汛早,雷州半岛开汛最迟。最早开汛台站和最迟开汛台站间开汛期间隔长达47 d。

(3) 根据各台站开汛期的集中程度,广东省开汛可分为两种类型,即突发型开汛和渐进型开汛。

(4) 广东省逐年开汛期具有比较明显的年代际变化特征。常年开汛期为4月3日,与之相比,20世纪80年代前,开汛期多有偏迟;80年代多为偏早;90年代又多为偏迟;2001—2010年基本正常。

(5) 近52年,开汛期存在15~16 a的年代际振荡周期。1986年为年代振荡周期变化的转折点,前后分别存在8 a和5~6 a的年代振荡周期,80年代存在2 a的年代振荡周期。

(6) 各台站开汛期与3月下旬及4月降水相关性最好,与5、6月及前汛期降水的相关性差。若开汛早,则东南大部、中西部局部以及雷州半岛,3月下旬及4月降水量以偏多为主;反之,则这些地区的3月下旬及4月降水以偏少为主。

(7) 广东开汛异常偏早(晚)年,其前冬500 hPa高度场存在明显差异。开汛异常偏早年,极涡较强,北美大槽、东亚大槽较弱,欧洲浅槽偏东,副热带高压偏强,位置偏西;而开汛异常偏晚年,极涡较弱,北美大槽、东亚大槽较深,欧洲浅槽偏西;而广东不同开汛类型年,其前冬500 hPa高度场无明显差异。

(8) 本文所使用的开汛期计算标准仅考虑了各台站的日降水量因子,而未综合考虑降水、环流调整及其他物理要素,由此计算得到的开汛期数据,难免

不能更好地反映冬夏环流的调整特征。在今后的工作中,可以利用更完善的开汛标准,对广东开汛特征进行进一步分析,以期对广东省乃至华南的开汛规律进行更好的研究。

参考文献

- 谷德军,高晓容,纪忠萍,等.2012.广东开汛日期的多尺度物理统计预测模型.高原气象,31(3):768-776.
- 郭其蕴,沙万英.1998.华南前汛期降水变率的分析.应用气象学报,9(增刊):9-15.
- 纪忠萍,熊亚丽,谷德军,等.2005.广东汛期开始日期的年际和年代际变化研究.大气科学,29(2):292-300.
- 江晓南,简茂球,江帆.2009.福建春季开汛时间变化特征及其与后期降水量关系.气象研究与应用,30(4):1-4,9.
- 李江南,王安宇,蒙伟光,等.2002.广东省前汛期和后汛期降水的气候特征.中山大学学报(自然科学版),41(3):91-94,98.
- 李丽平,章开美,王超.2010.近40年华南前汛期极端降水时空演变特征.气候与环境研究,15(4):443-450.
- 李晓娟,简茂球,方一川,等.2012.广东省前汛期大到暴雨频数的时空变化特征.气象,38(11):1339-1347.
- 林国冲,陆卫华.2009.高州开汛指标的补充及其意义.广东气象,31(2):30-31.
- 林良勋.2006.广东省天气预报技术手册.北京:气象出版社,18,518.
- 林之光.1985.中国气候.上海:上海科学技术出版社,76-80.
- 潘家念.2000.广东省农业气象灾害及其防灾减灾对策.北京:气象出版社,139.
- 强学民,杨修群.2008a.华南前汛期开始和结束日期的划分.地球物理学报,51(5):1333-1345.
- 强学民,杨修群,孙成艺.2008b.华南前汛期降水开始和结束日期确定方法综述.气象,34(3):10-15.
- 吴恒强.2003.广西各地的雨季开始与汛期雨量分布型的分析.热带地理,23(2):126-129,153.
- 伍红雨,杜尧东,陈桢华,等.2011.华南雨日雨强的气候变化.热带气象学报,27(6):877-888.
- 吴丽姬,温之平,贺海晏,等.2007.华南前汛期区域持续性暴雨的分布特征及分型.中山大学学报(自然科学版),46(6):108-113.
- 袁媛,任福民,王艳姣,等.2012.年华南前汛期降水特征及环流异常分析.气象,38(10):1247-1254.
- 张家诚.1991.中国气候总论.北京:气象出版社,140-141.