

短论

印度洋和南海海温与长江中下游夏季降水的相关分析

罗绍华 金祖辉 陈烈庭

(中国科学院大气物理研究所)

一、前言

长江中下游地域广阔,位置重要,该区夏季降水的异常变化,涉及千百万人的生命财产和经济建设。因此,此区夏季降水预报,尤其是旱涝的长期预报,历来是人们重视的问题。近几十年来,随着海洋观测资料的增加和计算技术的发展,海洋和大气相互作用,在长期预报中已越来越为人们所重视。我国许多气象工作者也积极开展了太平洋地区海气相互作用及其对我国东部降水关系的研究,找出了赤道东太平洋、黑潮等与我国东部降水关系较密切的海区,其中有些已开始应用到降水的长期预报中去,并取得了一定的效果^[1-2]。

我国是世界上季风最显著的地区之一。长江中下游及其以南广阔低纬地区雨季的起迄、雨带的移动以及降水的变异等,均与季风环流和季风活动以及变化有密切的联系。而印度洋和南海位于季风气流上游,是我国夏季降水的水汽和各种能量的重要源地之一^[3-5]。因此,该海区海水表面温度(简称海温)的变化及其与季风环流的相互作用,都可能影响我国东部低纬地区的降水。过去由于海温资料来源困难,对印度洋和南海海温变化与我国东部降水关系的研究很少。本文试图通过对印度洋和南海前期海温与长江中下游夏季降水(简称夏季降水)的相关分析,找出与该地区降水和旱涝关系较密切的海区,为长江中下游降水及旱涝的长期预报提供参考。

二、资料的计算和处理

所用的海温资料*,为 20° — 130° E、 40° S— 22.5° N 范围内 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 的格点月平均资料,时间从 1951—1972 年共 22 年。长江中下游降水资料,取 1951—1973 年共 23 年,我们用武汉、九江、南昌、屯溪、安庆和合肥 6 个站的平均降水量作为长江中下游地区的平均降水量。夏季降水时段取 5—8 月,包括 5—6、6—7、7—8、5—7 和 6—8 月的滑动月

1983年8月4日收到,1984年3月4日收到修改稿。

* 海温资料由北京大学王绍武同志提供,谨此致谢。

份的降水资料,并规定,凡月或滑动月份的平均降水距平 ΔR 大于 100 毫米为大涝月份,在 50—100 毫米为涝月; ΔR 大于 -100 毫米为大旱月,在 -50—-100 毫米为旱月。

我们用长江中下游各月及滑动月的降水量分别计算出它们与印度洋和南海各网格点上前期各月(从上年 5 月到同年 8 月)海温的相关系数,然后分析出达到 0.05、0.01 和 0.005 信度标准的相关区。此相关海区是指达到信度标准的相邻网格点数等于或大于三个点所组成的区域,并以 1、2、3 级分别代表达到上述三个信度标准的区域。

为了检验各相关区的可靠性,我们又以各相关区的平均海温反算了它们与长江中下游地区降水的相关系数(结果如表 2 所示),最后筛选出相关较好的相关区。

三、印度洋和南海前期海温变化与长江中下游夏季降水关系的分析

1. 相关海区的时、空分布概述

北印度洋和南海是季风显著的地区,冬夏盛行风向相反,海流分布也是冬夏截然不同的。为此我们将分析出的相关海区,按它们所在的海区和海流分布情况综合为图 1 和表 1。

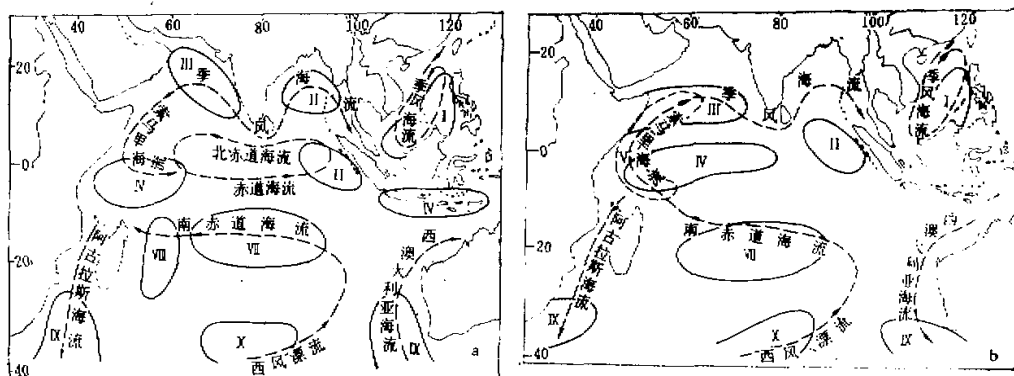


图 1 印度洋和南海各相关海区分布示意图

a 为冬半年, b 为夏半年, I、II、... 为海区编号, 参见表 1。

从图 1 和表 1 中可以清楚的看到相关区的空间和时间分布情况,我们简要地作以下介绍:

北印度洋和南海,相关区主要集中出现在南海、孟加拉湾、阿拉伯海及其以南赤道附近海区和索马里以东沿海。其中以南海出现相关区次数最多(见表 1),相关性也好(见表 2)。就以与夏季降水相关的前期海温出现月份而言,主要集中在冬半年,即从上年 10 月到翌年 3 月。前期海温与夏季降水,除 8 月和 7—8 月外都有相关。相关区的位置虽然因月而异,但大部分都分布在南海偏东、偏南或东南部。如图 1 所示,大多数相关区是出现在南海季风海流区内(图中带箭头的虚线为海流)。其次,相关区出现次数较多的是阿拉

表 1 印度洋和南海前期各月海温与长江中下游夏季降水相关区次数统计表

海 区	海温月份 相关区 次数	上年	海温月份											同 年 1 月	2	3	4	5	6	7	合 计
		5月	6	7	8	9	10	11	12												
I	南 海		7					3	3	2	3	3	2							23	
II	孟加拉湾			1	2				3	2			1			2				11	
III	阿拉伯海			3	4			1	1	1					5	1	4			20	
IV	阿拉伯海南部赤道地区				2			1						5		2	1			11	
V	索马里沿海					1														1	
VI	印尼爪哇岛附近海区								1					7						8	
VII	印度洋中部	3	3	1		2	4	1	6			1	2	2						25	
VIII	马斯克林岛附近海区						2	1				1	2				1			7	
IX	印度洋西南部					2	3			1				2						8	
X	印度洋中南部	1								1						4	1			7	
XI	印度洋东南部				2		2			3	2									9	
合 计		4	10	5	10	5	16	10	11	8	7	19	9	9	7					130	

伯海及其南部赤道附近海区。阿拉伯海出现相关区频数多的区域,冬半年偏北,夏半年偏南;而赤道附近海区,冬半年偏西,夏半年向东伸展。孟加拉湾(包括其南部赤道附近)海区,相关区出现次数较前两个海区少。相关区主要集中在南部。从图 1 中我们可以看到,以上几个海区的相关区大都出现在海流区内。索马里以东沿海,虽然相关区只出现一次,但相关系数高,范围大。此相关区是出现在索马里海流区内。

南印度洋相关区出现多的地区,主要集中在印度洋的中部、中南部、西南部和东南部。冬半年,在印尼爪哇岛附近海区也出现相关区。在这几个海区中,以中部海区出现相关次数最多,相关区出现频数多的区域,冬半年在南赤道海流区内,夏半年在南赤道海流的南侧,西南部海区,相关区集中在阿古拉斯海流的南部。中部海区的相关区分布在西风海流的北侧。而印度洋东南部的海区,相关区大多数出现在西澳大利亚海流的南部。

表 2 为对应于表 1 中各海区前期海温与夏季各月降水的相关系数,从表中可以看到它们有很好的相关性。

2. 各海区海温异常和长江中下游夏季降水的关系

如前所指出,我国东部夏季降水与热带季风环流变化有密切的关系^[6-7],而热带海洋海温的变化,尤其是异常变化,对其上的季风环流及天气系统会产生影响,从而导致夏季降水的变化。从长期天气预报的角度出发,分析前期海温变化与夏季降水的关系更为必要。本节主要讨论各海区海温变异与夏季降水的关系。

④南海海区 我们选取两个例子来讨论南海海温异常与夏季降水的关系。

图 2 南海区实线包括的区域为上年 10 月海温与翌年 5 月降水的相关区,此区范围大,包括 8 个格点,其中 5 个达到 0.005 信度标准(等值线 3 包括的区域),两个达到 0.01

表 2 北印度洋和爪哇岛附近海区各相关区与长江中下游夏季降水相关系数表

海 区 海温月份 相关系数	南 海	孟加拉湾	阿拉伯海	阿拉伯海南部 赤道附近海区	索马里沿海	印尼爪哇岛 附近海区
上年 5 月						
6	(5)0.55 (6)0.51 (7)0.56 (56)0.60 (67)0.64 (567)0.60 (678)0.68					
7		(8)-0.66	(7)-0.57 (8)-0.59 (78)-0.72			
8		(6)0.58 (56)0.46	(5)0.47 (6)0.47 (8)-0.60 (56)0.52	(7)-0.52 (78)-0.55		
9					(5)0.68	
10	(5)0.68 (56)0.57 (567)0.46		(8)-0.63	(5)0.56		
11	(5)0.62 (56)0.61 (567)0.50	(6)-0.64 (56)-0.65 (678)-0.48	(5)0.61			(678)0.48
12	(5)0.62 (56)0.60	(5)0.56 (8)-0.43	(5)0.59			
同年 1 月	(7)0.64 (67)0.54 (567)0.53					
2	(7)0.51 (67)0.53 (567)0.44					
3	(7)0.42 (67)0.44	(7)0.54		(7)0.59 (67)0.58 (78)0.54 (567)0.57 (678)0.52		(5)0.48 (6)0.55 (7)0.46 (56)0.66 (67)0.60 (567)0.55 (678)0.48

续表2

海 区 海温月份 相关系数	南 海	孟加拉湾	阿拉伯海	阿拉伯海南部 赤道附近海区	索马里沿海	印尼爪哇岛 附近海区
4			(7)0.43 (67)0.50 (78)0.48 (567)0.53 (678)0.61			
5		(7)0.65 (78)0.70	(6)-0.49	(7)0.57 (78)0.55		
6			(6)-0.55 (67)-0.47 (78)-0.52 (567)-0.44	(8)-0.54		

注：表中(5)(6)……为夏季降水相关的月份，(56)，(67)……(678)代表5—6，6—7，……6—8月，后面数字为相关系数。

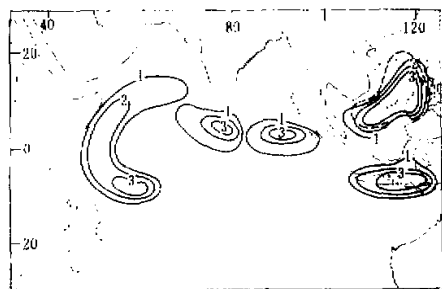
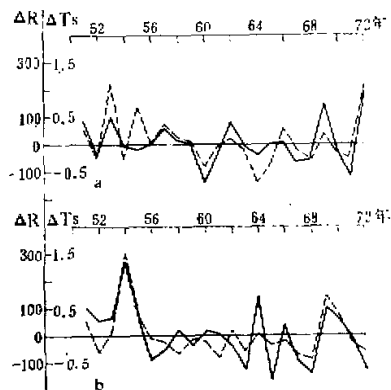


图2 各海区个例相关区分布

图3 南海相关区海温距平与降水距平
逐年变化曲线

a 为上年10月海温距平与次年5月降水距平，b为同年1月海温距平与6—7月降水距平。横坐标为海温年份，实线为 ΔT ，曲线(单位： $^{\circ}\text{C}$)，虚线为 ΔR 曲线(单位： mm)。

信度标准(2所包范围)，一个达到0.05信度标准(1所包范围)，相关区的平均海温与降水相关系数为0.68(见表2)，远远超过0.005信度标准(0.57)。

图3a为该相关区的海温距平与降水距平逐年变化曲线，从图中可以看到，两条曲线变化趋势大致相似，两者相关频率(即曲线相同或相反趋势出现的次数与总次数之比)为 $\frac{18}{21}$ 。值得注意的是，象1954和1973年5月的大涝月份，以及1961、1969和1972年的大旱与旱月，在其前期(上年10月)该相关区的海温场就有明显的异常反映，即大涝月的前

期海温异常偏暖, 而大旱月异常偏冷。当然也有个别旱、涝月的前期海温场并无明显反映, 甚至呈相反变化, 如大涝的 1956 年即如此。但是总的来看两者是有很好的统计相关的。

例 2, 图 2 南海区中虚线所包的区域是同年 1 月海温和 6—7 月降水相关区。图 3b 是此相关区的海温距平和降水距平曲线, 不难看到, 两条曲线变化趋势也是相似的。大涝的 1954 和 1969 年, 其前期 1 月的海温异常偏暖, 1963 和 1968 年的早年, 其前期海温偏冷。

由以上两例的简要讨论可以看到, 南海相关区前期海温发生异常变化时, 对后期长江中下游夏季降水会产生影响。从统计计算结果来看, 两者之间为正相关(见表 2), 即前期南海相关区海温偏暖时, 长江中下游夏季降水往往偏多。反之亦然。

②孟加拉湾海区 图 2 中孟加拉湾南部的相关区, 为同年 5 月海温与 7 月降水的相关区。图 4a 是该相关区对应的距平曲线, 可以清楚的看到这两条曲线具有相似的变化趋势, 两条曲线的相关频率为 $\frac{17}{21}$ 。一些大旱、大涝年份的前期海温也有明显的征兆。如大涝的 1954、1969 年及干旱的 1956 和 1964 年, 其前期海温场的异常变化也是显著的。

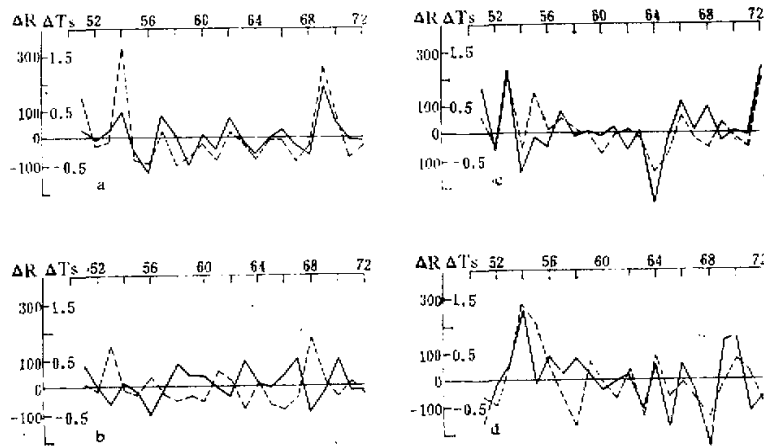


图 4 个例相关区海温距平与降水距平逐年变化曲线

a 为孟加拉湾同年 5 月海温距平与 7 月降水距平, b 为阿拉伯海上年 7 月海温距平与次年 7—8 月降水距平, c 为索马里海区上年 9 月海温距平与次年 5 月降水距平, d 为爪哇岛海区同年 3 月海温距平与 6 月降水距平。

③阿拉伯海区 这里我们选一例来讨论。相关区(见图 2)为上年 7 月海温与次年 7—8 月降水相关, 图 4b 是其对应的曲线, 两条曲线变化趋势是相反的, 即两者为负相关, 前期海温偏高则后期降水偏少。

④索马里东部沿海海区 此相关区为上年 9 月的海温与次年 5 月降水的相关。该区范围大, 从南半球到北半球。相关系数高, 为 0.68 (见表 2)。令人瞩目的是, 此相关区的位置、形状和索马里海流及索马里急流都很相似。这说明此海区海温变异与索马里海流及索马里急流有关。索马里低空急流与印度西南季风和印度降水有密切的联系, 这早已

为人们所熟知,但是对于此急流及其对应的海温场变异,对我国东部降水的联系却研究不多。我们的分析表明,它的异常变化与我国长江中下游降水有很好的相关关系。图 4c 为相关区对应的距平曲线,两条曲线的趋势相似是清晰可见的。1954、1973 年的大涝月份,在其前期海温场上,同样有明显的偏暖现象,而大旱的 1965 年和干旱的 1955 年,前期海温明显偏冷。这可能表明,由于跨赤道气流的变异,造成该海区海温的异常,影响其上空的季风环流,从而间接的对后期长江中下游地区降水产生影响。

以上我们简要的讨论了北印度洋和南海前期海温异常与长江中下游夏季降水的关系。对于南印度洋海区,是否也存在这种关系?对表 1 中分析出的相关区,我们也作了类似上面的对比分析。结果表明,在南印度洋的一些海区也存在较好的相关关系。因篇幅所限,我们只选其中一个海区作扼要介绍。

印尼爪哇岛附近海区 如表 1 所示,此海区出现相关月份多集中在同年 3 月,可是它与长江中下游夏季降水有很好的相关关系。此海区虽位于南半球,但是它与南海紧邻,是南半球跨赤道气流的主要通道之一。因此,该海区海温异常对我国东部降水的影响是值得注意的。图 2 爪哇岛附近海区的相关区,为同年 3 月与 6 月降水的相关区,图 4d 是对应的距平曲线。两条曲线相似变化趋势是一目了然的,两者的相关情况与前各例大致类同,不再重复了。

四、结 语

综合以上对印度洋和南海前期海温和长江中下游地区夏季降水的相关分析和讨论,我们可以归纳出下面几点看法:

- 1) 印度洋和南海前期海温变化与长江中下游夏季降水有密切的联系。计算结果表明,无论从空间和时间上两者都存在较好的统计相关关系。
- 2) 海温和降水的相关区大多出现在海流区内。在北印度洋和南海,是出现在季风海流区内,其中尤以南海区相关最好。在南印度洋,大多出现在固定的海流区内。
- 3) 在这些相关海区中,前期海温的变化与后期长江中下游夏季降水有较好的相关关系,尤其前期海温异常变化与后期旱涝有较好的指示意义。这就为我们利用这些相关区前期海温变化来预报长江中下游夏季降水和旱涝趋势提供了可能性。

参 考 文 献

- [1] 陈烈庭,北太平洋副热带高压与赤道东部海温的相互作用,大气科学,第 6 卷第 2 期,1982.
- [2] 李克让等,海温在副高和雨带预报的应用——1976—1979 年预报试验,中长期水文气象预报文集(二),1981.
- [3] 金祖辉,1979 年南海地区水汽收支,全国热带夏季风学术会议文集,1981.
- [4] 罗绍华,盛夏期间我国大陆东南部低纬地区的水汽输送和水汽平衡,同 3.
- [5] 罗绍华,我国南方低纬地区 5、6 月降水的水汽输送和水汽来源,同 3,1982.
- [6] 陶诗言等,东亚的梅雨与亚洲上空大气环流季节变化的关系,气象学报,第 29 卷第 2 期,1958.
- [7] 陈隆勋等,夏季亚洲季风环流的结构及其与大气环流季节变化的关系,1980 年热带天气会议论文集,1982.