

华北夏季降雨与热带对流活动的关系*

张苏平 朱平盛

蒋尚城

(山东省气象科学研究所, 济南, 250031)

(北京大学物理学院大气科学系, 北京, 100871)

摘 要

文中设计了热带辐合带综合指数, 较客观地反映了亚洲季风区深对流活动的气候变化特征。用热带辐合带综合指数分析华北旱涝年季风区对流活动特征, 结果表明旱涝年对流活动有明显的差异, 尤其春季东亚和印度季风区的热带辐合带综合指数差异非常显著, 为华北夏季旱涝预测提供了新的参考依据。

关键词: 华北, 夏季旱涝, 射出长波辐射, 热带辐合带。

1 引 言

受季风气候的影响, 华北降水集中于夏季, 旱涝灾害也多发生于夏季。对于华北夏季降水, 不少学者进行了研究。李克让等^[1]从环流形势、夏季风活动等方面分析了华北的旱涝, 林学椿^[2]、赵汉光^[3]等分析了厄尔尼诺、春季青藏高原热状况对华北夏季降水的影响, 朱平盛^[4]等分析了华北旱涝与北太平洋 SST 和前期500 hPa 环流的关系, 以上研究着重考虑大气环流与海温的变化。近几年, 有的学者研究了菲律宾周围热带对流活动对中国降水的影响, 黄荣辉、孙凤英^[5]指出热带西太平洋暖池偏暖, 菲律宾周围的对流活动强, 这使得西太平洋副热带高压偏北, 江淮流域降水偏少, 而华北、黄河流域夏季降水正常或偏多, 从而揭示了菲律宾对流活动与华北降水的同期关系。本文着重分析了华北夏季旱涝前期冬春季热带对流活动的异常, 特别是季风区热带辐合带(ITCZ)的活动与华北夏季降雨的关系, 以期对夏季旱涝的预测提供新的参考依据。

2 旱涝年的划分及资料说明

选承德、北京、天津、石家庄、德州、邢台、安阳、烟台、青岛、潍坊、济南、临沂、菏泽、郑州、长治、太原、临汾共17个站, 按以下公式计算降水指数 I_R

* 初稿时间: 1998年12月10日; 修改稿时间: 2000年12月26日。

资助课题: 国家科技攻关项目“我国短期预测系统的研究”子专题96-908-05-06-10和山东省科委项目“山东灾害性短期旱涝气候计算机预测系统”

$$I_R = \left(\frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\bar{P}_i} + \frac{k^+}{m} \right) \times 100$$

其中, $P_i (i=1, m)$ 为6~8月总降水量, \bar{P}_i 为1961~1990年6~8月季平均降水量, m 为区域内代表站数, k^+ 为 m 站中降水量距平 > 0 的站数。考虑到射出长波辐射(OLR)资料的开始年代为20世纪70年代后期, 这期间华北地区降水普遍偏少, 因此, 旱涝年的标准定为: 当降水指数距平百分率 $x > 20\%$ 时, 为涝年; $x < -25\%$ 时为旱年。由此确定涝年为1976, 1978, 1990, 1994, 1996年, (其中1978年因缺相应 OLR 资料剔除), 旱年为1980, 1983, 1986, 1991, 1992, 1997年。

蒋尚城等^[6]指出, 低纬度地区的 OLR 低值区可以很好地代表对流上升区(如热带辐合带或季风降水), OLR 高值区反映为大规模下沉区(副热带高压或赤道高压)。本文用月平均和候平均 OLR 资料研究热带对流活动与华北夏季旱涝的关系。全球 OLR 和 NCEP 风场资料格距为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。

3 旱涝年季风区热带辐合带活动特征

3.1 ITCZ 综合指数的定义及气候平均特征

根据蒋尚城^[6]对 ITCZ 的定义, 综合考虑 ITCZ 的位置和强度, 设北半球 ITCZ 综合指数为 I 。设 I 与 ITCZ 强度(OLR 最小值)成反比, 与其北上程度(OLR 最小值所在纬度)成正比, 有

$$I = (N + 20) / L \times 100$$

其中 N 代表最小的 OLR 值所在纬度的特征尺度, 取值范围为 $20^\circ \sim -20^\circ$ (代表 $20^\circ \text{N} \sim 20^\circ \text{S}$), L 代表 OLR 最小值的特征尺度, 量级为 10^2 (OLR 的值一般为 $180 \sim 240 \text{ W/m}^2$), 因此 I 为一无量纲量, 可综合反映 ITCZ 的活动特征。根据上式可知, 当最小 OLR 值偏小, 且位置偏北时, I 值偏大, 反之偏小, 当 OLR 最小值所在纬度为 20°S 时, $N = -20$, $I = 0$ 。

首先计算各月 $60^\circ \text{E} \sim 180^\circ$ 范围内 I 的气候平均值(图略)。1和3月 I 值变化范围不大, 在 $4 \sim 10$ 月, I 高值在 $90 \sim 100^\circ \text{E}$ 和 $110 \sim 115^\circ \text{E}$; 5月 I 在 105°E , 出现极大值, 这标志着印度季风区 ITCZ 季节性的北抬和南海季风的爆发; 6月 $90 \sim 95^\circ \text{E}$ 出现一明显峰值, 表明了印度季风的爆发; 7月印度季风区和东亚季风区的 ITCZ 进一步加强, 但后者的 ITCZ 综合指数较印度季风区偏小, 这一点与印度季风区 ITCZ 位置更加偏北^[7]有关; 8月 I 最大值仍然在印度季风区维持, 强度变化不大, 但东亚季风区 ITCZ 较7月明显加强, 说明东亚季风区 ITCZ 最强盛的时间在8月, 较印度季风区晚一个月左右; 9月全区 ITCZ 综合指数回落。同时还注意到, 在 110°E 附近, ITCZ 综合指数始终较低, 表明对流始终不活跃, 可以认为这里是印度季风区和东亚季风区的分界线。

ITCZ 综合指数既考虑了 OLR 最小值又考虑了其所在纬度, 反映了两者的总体效应。但是, 究竟两者谁占的比例大, 作者进行了对比。由表1可以看出, 当 OLR 向最小值变化, 在纬度不变时, ITCZ 综合指数变化幅度较小; 当 OLR 最小值所在纬度变化时, ITCZ 综合指数 I 变化明显。因此, ITCZ 综合指数更能反映 ITCZ 位置的南北变化。

3.2 典型旱涝年 ITCZ 特征

首先分别计算了典型旱年(1983)和涝年(1990) 80~180°E 范围内 ITCZ 综合指数距平百分率(图略)。从3月份开始,旱涝年 I 值差距开始加大,特别是115~135°E,涝年为正距平,旱年为负距平。5月在105°E 左右,涝年 I 值由4月的6.78增至5月的16.74,这很可能与南海季风的爆发(ITCZ 活跃)有关;而旱年南海地区 I 值从4月至5月均为7.5,明显低于平均值。6月涝年印度季风区(80~90°E) I 值从5月平均9.61增加到6月的20.21,这与印度季风爆发吻合。次强区在120°E 附近, I 值从5月的7.06增至6月的19.04,这与东亚季风的加强有关。旱年6月 I 只有一个峰值出现在95°E 附近,强度弱于涝年;东亚季风区 I 没有明显峰值。

表1 1月、7月多年平均 ITCZ 综合指数、OLR 最小值及其所在纬度

经度(°E)	1月			7月		
	ITCZ 综合指数	OLR 最小值	OLR 最小值所在纬度(°S)	ITCZ 综合指数	OLR 最小值	OLR 最小值所在纬度(°N)
60	4.39	228	10	8.64	231	0
70	4.48	223	10	13.74	218	10
80	6.80	221	5	20.61	194	20
90	6.88	218	5	17.77	197	15
100	7.53	199	5	17.40	201	15
110	7.62	197	5	11.28	222	5
120	7.59	198	5	14.77	203	10
130	4.92	203	10	14.22	211	10

为了进一步考察 ITCZ 的变化,沿80°E, 90°E, 110°E, 125°E 做逐候 ITCZ 综合指数 I 距平累积曲线(图1)。可以看出涝年各经度上的曲线基本一直呈上升趋势。首先是在80°E 附近,15~21候有一连续7候的迅速上升时段。作者曾分析了1990年越赤道气流的情况,发现80°E 附近2~3月有非常明显的 V 分量正异常(图略),这也许是 ITCZ 异常活跃的始发原因。110°E 附近从24候开始有一明显上升阶段(24~30候),反映了南海季风的爆发异常强烈,比南海季风建立的平均时间^[7]早10 d 左右。两候以后(26候),印度季风区和东亚季风区的 ITCZ 几乎同时开始进入活跃期,印度季风区在35~41候,东亚季风区在45~49候,代表了季风最强盛时期。同时还可看出,东亚季风区在39~40候出现负距平,而该时段正是印度季风的强盛时期;而印度季风区已出现明显负距平后(42~44候),东亚季风区对流最强盛,两者呈反位相趋势。对此, Murakami 等^[8]曾得到同样的结论。旱年各经度上的逐候 ITCZ 综合指数距平累积曲线6月底以前基本呈下降趋势,正距平不仅出现的时间晚,而且上升的幅度比较平缓,特别是南海季风几乎没有爆发的迹象。

3.3 旱涝年平均 ITCZ 特征

涝年(1976, 1990, 1994, 1996年)和旱年(1980, 1983, 1986, 1991, 1992, 1997年)平均 I 距平百分率表明(图略),1~3月份在90°E 和120°E 附近涝年 I 距平百分率明显大于旱年,反映夏季旱涝的前冬春,亚洲季风区的热带对流活动已表现出异常。而热带中太平洋 ITCZ 的活动与季风区正好相反,旱年为正值,涝年为负值,说明夏涝年,热带太平洋深对流活动偏西(120°E 左右),夏旱年偏东(160°E 左右)。5月涝年在107.5°E 出现正距平峰

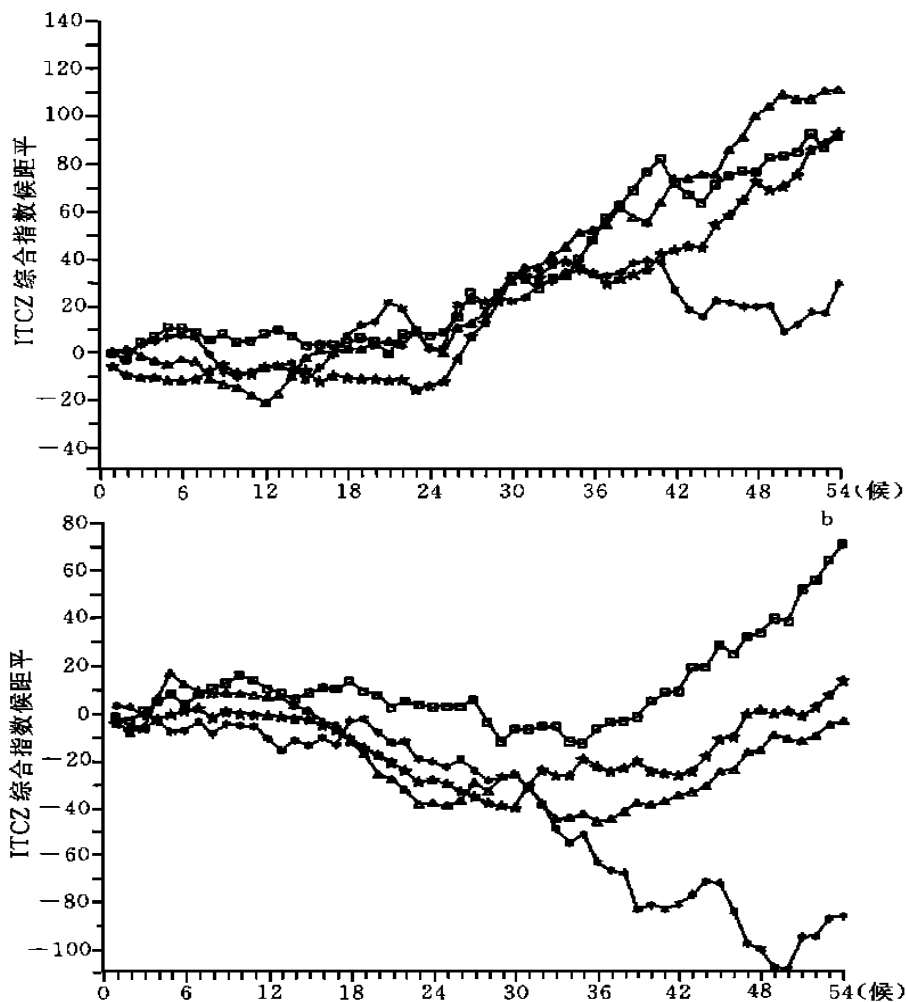


图1 典型旱涝年 ITCZ 综合指数 I 候距平累积曲线

(a. 1990年, b. 1983年; * : 80 E, \square : 90 E, \triangle : 110 E, \circ : 125 E)

值, 代表南海季风区对流活动异常活跃。

图2为华北夏季降雨量与 ITCZ 综合指数 I 的相关系数时间-经度分布(用1975~1997年资料, OLR 缺1978年, 下同)。可以看出, 两个明显的正相关区($\alpha < 0.1$) 出现在印度季风区和东亚季风区, 出现时间为1~5月。郭其蕴等^[9]研究了印度西南季风期(6~9月)总雨量与同期中国各地雨量的关系, 发现以华北地区的雨量与印度季风雨量的关系最明显, 正相关超过95% 信度水平。本文分析表明, 华北夏季降雨与前期印度季风区的对流活动有正相关关系。由图2还可以看出, 华北夏季降雨与热带对流活动的同期相关关系并不明显。这与夏季对流活动北抬有关。盛夏印度季风区 ITCZ 一般能到达23°N 以北, 而越赤道气流在地转作用下向东偏转, 使赤道高压加强, 因此, 华北夏季降雨与热带对流关系盛夏甚至出现负相关。

图3给出了1975~1997年逐年2~4月印度季风区 ITCZ 综合指数 I 距平百分率和华

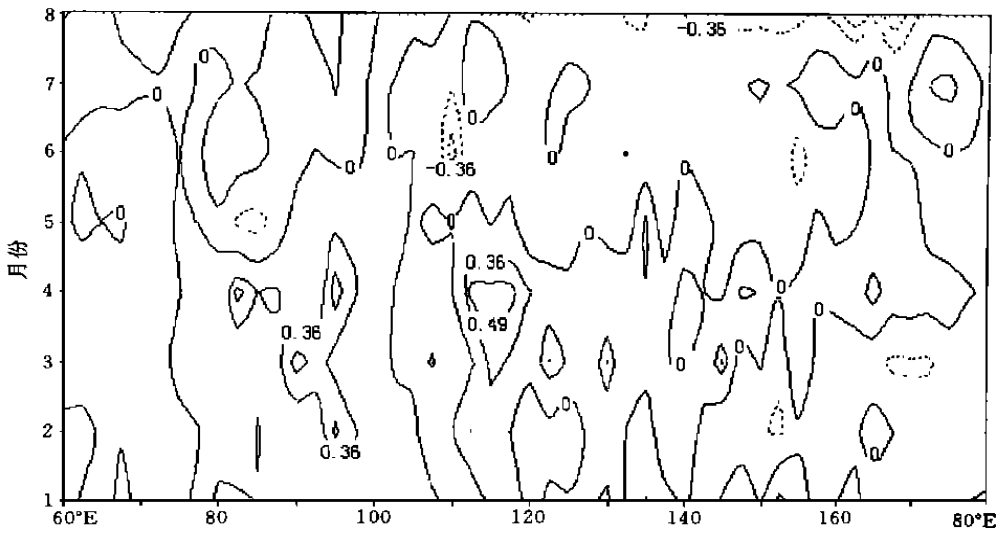


图2 华北夏季降雨量与 ITCZ 综合指数 I 相关系数的时间-经度分布
($\alpha_{0.5} = 0.360, \alpha_{0.05} = 0.492$)

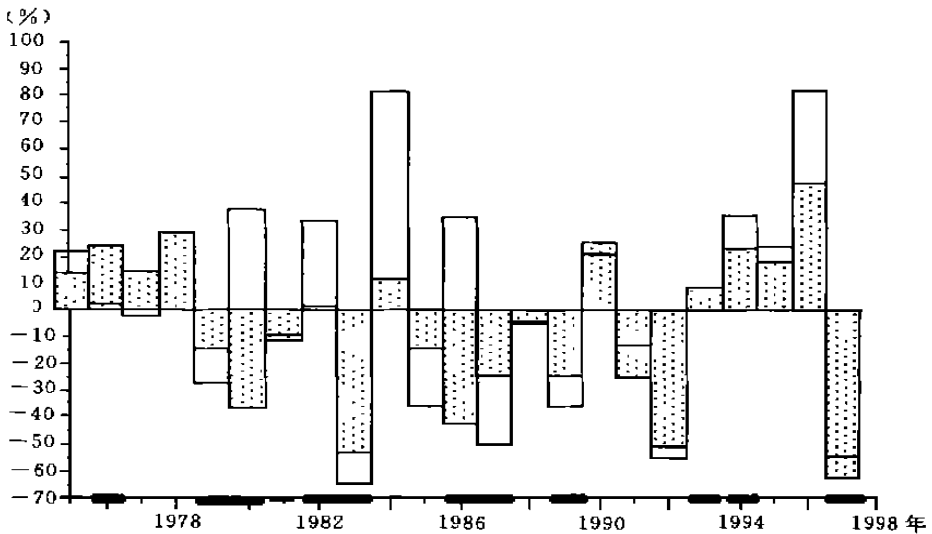


图3 1975 ~ 1997年逐年2~4月印度季风区 ITCZ 综合指数 I 距平百分率(空心距形)和华北夏季降水距平百分率(阴影距形),
(横坐标上粗实线表示厄尔尼诺年,细实线表示拉尼娜年)

北夏季降水距平百分率,可以看出,绝大部分年份中,两者的变化不仅距平符号一致,而且有正比例的趋势,按符号检验正确率为 $19/22 = 0.86$ 。显然这一结论可为华北夏季雨量的预测提供新的依据。

文献[10]指出,El Niño年,菲律宾周围的对流活动较弱,日更线附近的对流活动偏强,华北夏季偏旱,La Niña年,暖池上空对流活动加强,华北夏季降水偏多。本文分析也已指出夏涝年,热带太平洋深对流活动偏西,夏旱年偏东,与前人的结论基本一致,OLR

距平场反映的特征与 ENSO 也基本一致。但是, ITCZ 综合指数的加强或减弱与 ENSO 事件不——对应, 由图3可以看出, 印度季风区对流活动与华北旱涝的关系似乎更好些。重要的是, 季风区前冬春 ITCZ 的变化从观测角度上比 ENSO 更具有可操作性, 因此更具有预报意义。我们认为 OLR 毕竟反映的是海气相互作用的一种结果——大气对流活动, 包含的信息比海温要更丰富, 对旱涝等气候异常, 有更加直接的影响。

4 结 论

通过以上分析, 可以得到如下几点结论:

(1) ITCZ 综合指数能客观地反应出南海季风、印度季风、东亚季风的爆发、强弱等。

(2) 典型旱涝年分析表明夏涝年季风区 ITCZ 从早春即有反映, 南海季风爆发强烈, 印度和东亚季风区 ITCZ 加强北上的时间较早年明显偏早, 强度偏强。平均旱涝年 ITCZ 综合指数也有明显的差异, 前期冬春季亚洲季风区对流活动涝年强于早年。

(3) 相关分析表明, 华北夏季旱涝与前期印度和东亚季风区 ITCZ 综合指数呈明显正相关, 而同期的相关性并不明显。

(4) 分析 OLR 所揭示的对流异常对华北夏季旱涝具有预报意义, 但其影响机制还需进一步研究。

参考文献

- 1 李克让, 徐淑英, 郭其蕴等. 华北平原旱涝气候. 北京: 科学出版社, 1990, 192pp
- 2 林学椿, 于淑秋. 厄尔尼诺与我国汛期降水. 气象学报, 1993, 51(4): 434 ~ 441
- 3 赵汉光. 华北的雨季. 气象, 1995, 20(6): 3 ~ 8
- 4 朱平盛, 张苏平. 华北夏季旱涝的前期环流异常及其与北太平洋海温的关系. 应用气象学报, 1997, 8(4): 437 ~ 443
- 5 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候的影响. 大气科学, 1994, 18(2): 141 ~ 151
- 6 蒋尚城, 朱亚芬. OLR 的应用和图集. 北京: 北京大学出版社, 1990, 309pp
- 7 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦等. 东亚季风. 北京: 气象出版社, 1991, 362pp
- 8 Murakami T, Chen Longxun, Xie An, et al. Eastward propagation of 30- 60 day perturbations as revealed from outgoing long wave radiation data. J Atmos Sci, 1986, 43: 961 ~ 971
- 9 郭其蕴. 中国华北旱涝与印度夏季风降水的遥相关分析. 地理学报, 1992, 47(5): 394 ~ 402
- 10 叶笃正, 黄荣辉等. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究. 济南: 山东科学技术出版社, 1996, 387pp

RELATIONSHIPS BETWEEN SUMMER RAIN ANOMALY OF NORTH CHINA AND TROPICAL CONVECTION

Zhang Suping Zhu Pingsheng

(Shandong Research Institute of Meteorological Science, Jinan 250031)

Jiang Shangcheng

(Department of Atmospheric Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

An intertropical convergence zone (ITCZ) synthesis index is designed, which can demonstrate quite clearly and objectively the seasonal features of deep convection in ITCZ regions. ITCZ activities are analyzed by means of the index for both wet and dry summers of North China. The results show that the differences between wet and dry summers are more remarkable in winter–spring period, especially in Indian and East Asian monsoon regions, which could be able to provide a new method to the prediction of summer rain in North China.

Key words: North China, Drought/rainy summer, OLR, ITCZ.