

中国东部旱涝与东亚“纬向驻波”环流 型相关关系的数值试验

徐祥德 尹树新 沈建国 吴效华

(天津市气象局)

(南京气象学院)

摘要 亚洲是世界著名的季风区,我国降水分布特征与东亚行星尺度环流型背景以及大地形结构有密切关系。本文采用 $p-\sigma$ 坐标原始方程模式,着眼于西太平洋副热带高压与大陆热低压系统强度及其相互配置关系,即相应于东亚夏季风不同强度,与东亚海陆热状况密切相关的“纬向驻波”特征,研究夏季环流型与中国东部降水分布的相关。

本文数值试验研究了东亚夏季风基本气流汇合特征与海陆纬向驻波环流型的相关;夏季暖湿区分布,暖湿舌形成与中国东部降水关系。还研究了我国东部两带形成的高、低层流场的动力结构以及南亚高压活动特点。

关键词 东亚旱涝,纬向驻波,相关,数值试验

亚洲是典型的季风气候区。盛夏,来自热带与副热带的夏季风,其起迄早晚、发展强弱,对我国冷、暖、旱、涝有极为重要的作用。我国农作物的生长北线往往也决定于同夏季风密切相关的暖、湿气流的分布状况。郭其蕴^[1]从季风成因角度出发,定义了东亚夏季风强度指数 SMI,并划分为三类夏季风气压场特征:正常夏季风、强夏季风和弱夏季风。且指出强夏季风年,盛夏我国旱涝现象严重,即江淮区域多雨(7月),黄河以北及东北南部多雨(8月),两广一带少雨。弱夏季风年,降水分布与上述情况相反。根据分析强夏季风有两个显著的特点,即大陆热低压比正常季风要加深,我国东部地区东西气压梯度也比常年加强。本文抓住上述强夏季风平均环流形势特征,即与海陆热力状况相关的东亚地区“纬

向驻波”, 揭示东亚行星尺度系统以及夏季风特征与我国东部地区旱、涝的相关关系。

根据历史资料分析^[1], 夏季风三类平均海平面气压分布(印度大陆热低压与西太平洋副热带高压(以下简称“西太平洋副高”)中心差值)与 7 月降水距平亦有明显的差异(见表 1)。

因此, 本文采用数值模拟方法, 通过改变东亚海陆气压系统的强度及其相互配置关系的试验, 研究我国夏季雨带及其暖湿气流特征的形成因子。着眼于西太平洋副高、大陆热低压系统强度及其相互配置关系与夏季风东亚三支基本气流特征的相关; 东亚环流型与

表 1

夏季风类型(年代)	西太平洋副高与大陆热 低压中心差值 ΔP (hPa)	A 区, 五年平均 7 月 降水距平(nim)	B 区, 五年平均 7 月 降水距平(nim)
弱夏季风(76—80)	20	-11.0	34.0
正常夏季风(51—55)	25	23.0	-8.8
强夏季风(61—65)	30	43.4	-29.1

表中 A 区为我国东部黄河以南、长江以北及其沿海地区, B 区为两广区域

暖湿要素及其相应雨带的分布特征的相关。为研究我国夏季雨带进退和雨区范围提供参考依据。

1 数值试验方案

本文采用钱永甫、郭晓岚 $p-\sigma$ 五层原始方程模式, 模式中包括了摩擦、太阳辐射及其日变化、长波辐射、感热、潜热、积云对流参数化、扩散、对流调整等物理过程^[2,3]。为了研究东亚环流型特征与降水分布的相关关系, 本文着眼于与夏季风强度指数相关的东亚气压场特征^[1], 即受夏季东亚海陆下垫面影响的亚洲大陆热低压与西太平洋副高强度相互配

置关系, 研究我国东部降水的形成机制。

试验方案采用如下三类模拟初始场, 模式计算均使用欧洲中心网格点(5×5)初始化资料: 1983 年 7 月 1—10 日十天平均等压面位势高度(100、300、500、700、1000hPa); 等压面相对湿度(300、500、700、850hPa)作为平均模拟初始场。

(一)未改变原平均模拟初始场(对应图 1 中实线 H 分布),

(二)改变初始高度场, 在对流层低层(700、1000hPa 两层)加深亚洲大陆热低压(对应图 1 中点划线 H 分布),

(三)改变初始高度场, 在对流层低层(700、1000hPa 两层)加深亚洲大陆热低压与西太平洋副高(对应图 1 中虚线 H 分布), 且改变副高 5880 位势米等高线西脊点位置, 使之

西伸至 120°E 。

上述三类试验方案(一)—(三)(图 1)反映了东亚夏季海陆热力差异强弱的特征,类似于不同夏季风强度的环流形势。 ΔH_1 、 ΔH_2 、 ΔH_3 为不同“纬向驻波”的振幅,表示亚洲大陆热低压与西太平洋副高两者强度特征及配置关系。

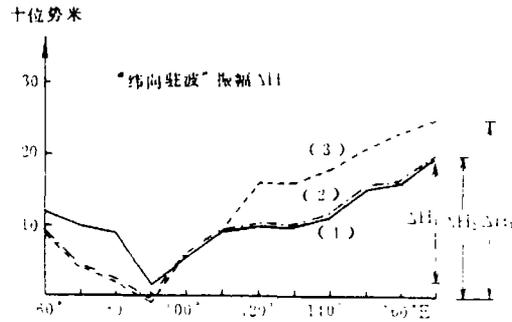


图 1 初始场 700hPa 30°N 纬带上高度分布(“纬向驻波”)

方案(一)为实线,方案(三)为虚线,

方案(二)为点划线(1)弱振幅“纬向驻波” ΔH_1

(2)正常振幅“纬向驻波” ΔH_2

(3)强振幅“纬向驻波” ΔH_3

2 数值试验结果

2.1 东亚海陆行星尺度系统与夏季风流型

西太平洋副高和大陆热低压的强

度及其相互配置是否在东亚夏季风流型或中低纬流场的形成中起了主导作用?这也是研究我国旱涝分布特征及其影响因子的关键问题。

表 1 为相应于不同的东亚海陆“纬向驻波”(即上述三类方案)所模拟的中低纬流场特征,由图 2 可得到如下结论:(1)加强大陆热低压或西太平洋副高系统,有利于产生副高环流系统向大陆西伸的现象,图 2(b)、(c)副高西侧我国东部偏南气流比图 2(a)明显得多;(2)若加强大陆热低压可导致东亚夏季风汇合气流特征发生变化,即汇合口明显西移,图 2(b)的夏季风三支气流汇合口比起图 2(a)要显著偏西;(3)若加强大陆热低压与西太平洋副高可使东亚三支夏季风气流汇合特征更为显著,且图 2(c)模拟的汇合口比起图 2(a)、(b)更要向大陆西移。

2.2 夏季暖湿舌分布的影响因素

引起我国大范围持续降水的气团有两类,其一是来自太平洋热带海洋气团,另一是来自印度洋赤道气团,这两类气团均可能导致我国东部地区持续降水。实际资料表明,伴随着强西南气流,孟加拉湾的暖湿舌活动可延伸到我国内地区域,这些水汽、感热通量输送创造了降水的热力条件。因此,大范围降水的可能性及农作物生长北线的位移宏观上取决于高温、高湿的供给条件。本文研究的目的是考虑高温、高湿的分布与东亚行星尺度系统的强度、相互配置的特征的相关关系。

图 3(a)、(b)、(c)表明,对于上述三类夏季风环流型的初始高度场,模式积分 72 小时后,模拟的温度场、湿度场分布出现了显著差异。大陆热低压或西太平洋副高的加强可使温度场、湿度场的暖、湿区北移。但是,十分有趣的是,试验表明,只是大陆热低压的加深并

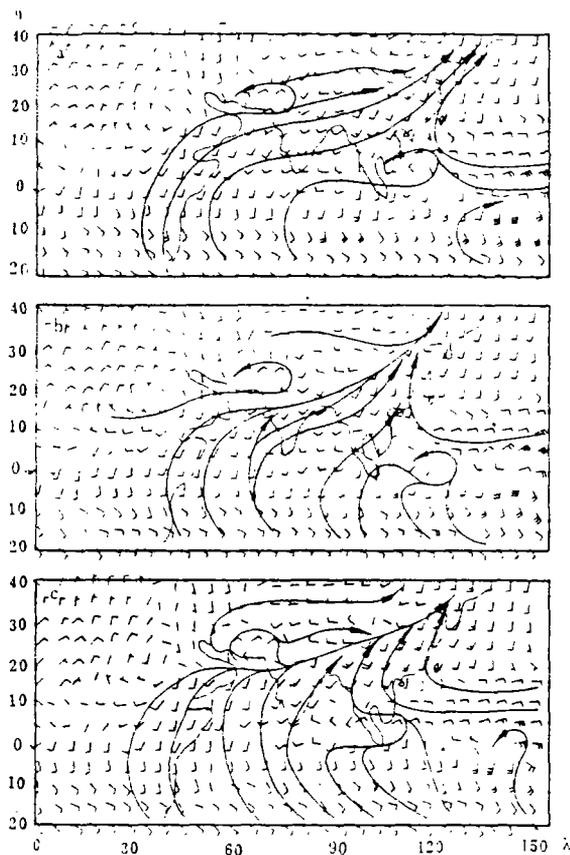


图2 (a)方案(一)模式计算72小时模拟地面流场 (b)方案(二)模式计算72小时模拟地面流场
(c)方案(三)模式计算72小时模拟地面流场

未引起对我国东部降水形成有利的暖湿条件(图3(b))。而若再加强西太平洋副高及使之西伸至 120°E 附近,我国东部及江淮流域一带才可能出现显著的暖、湿舌(如图3(c)所示)。上述结果表明,与我国东部地区降水直接相关的暖湿舌的出现与西太平洋副高强度及西伸关系密切。由此可知,海陆热状况变化、东亚海陆地形及下垫面不均状况可能是降水分布关键因素。亚洲大陆的热低压与陆地加热状况相关,而北太平洋海表温度是影响副高活动的重要因素。本文试验表明,东亚湿度场、温度场分布特征与东亚海陆因素热力结构相关的“纬向驻波”有密切的联系。

2.3 高、低层动力结构的相互影响

资料分析表明,南亚高压变化与夏季风强弱有较好的相关,南亚高压东伸,相应地东亚夏季风偏强;反之,夏季风偏弱。另外,南亚高压强,东亚东风急流亦强,位于急流入口区

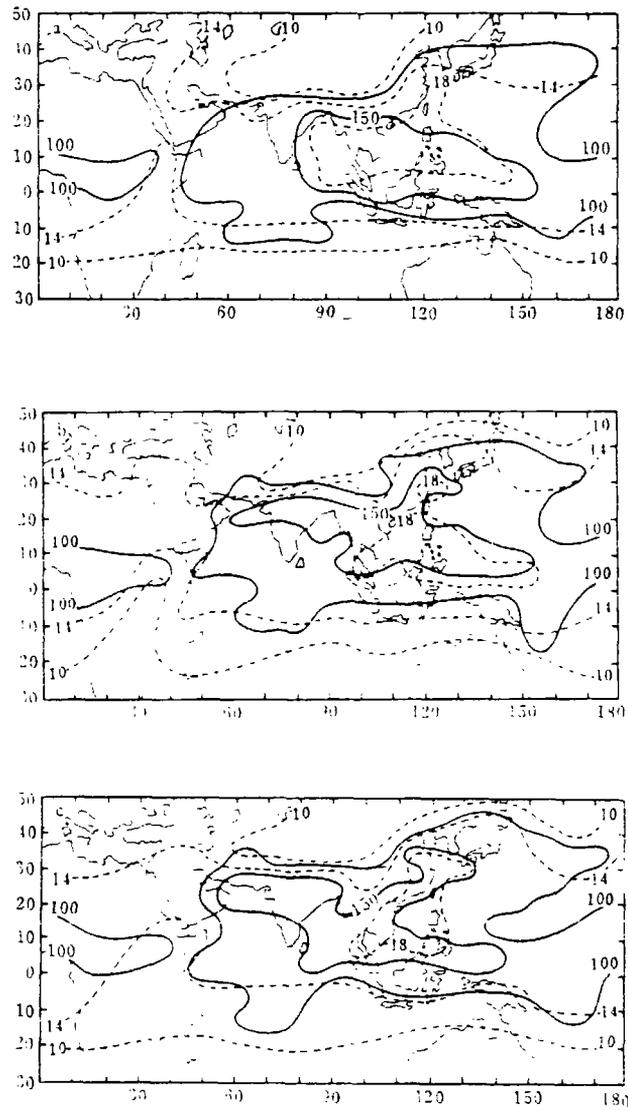


图 3(a) 方案(一)模式计算 72 小时温度场、湿度场分布(距地面 1.8 米,第四层)(温度场为虚线,湿度场为实线)
 (b) 方案(二)模式计算 72 小时温度场,湿度场分布(第四层)(说明同 3(a))
 (c) 方案(三)模式计算 72 小时温度场,湿度场分布(第四层)(说明同 3(a))

的东南沿海降水偏多。

本文数值试验发现,若在对流层低层初始场加强亚洲大陆热低压或西太平洋副高系

统,模式积分 72 小时后,通过高低层动力结构的相互作用,对流层高层南亚高压强度与范围出现了相应变化,即南亚高压系统对低层气压结构变化的动力调整以及响应。模拟结果使南亚高压强度加大,且有向东扩展现象(图 4 所示),这说明南亚高压状况与低层系统和变化有密切的相关,两者互相影响与适应。若下垫面加热效应使亚洲热低压加深,就可能通过动力调整使对流层高层南亚高压加强与东伸。另外,计算结果也表明:若西太平洋副高加强与西伸,我国东部地区对流层高层呈显著反气旋性切变,而南亚高压东伸以及西太平洋副高西伸相关的高层反气旋切变带的配置将构成东亚雨带的高层有利的辐散条

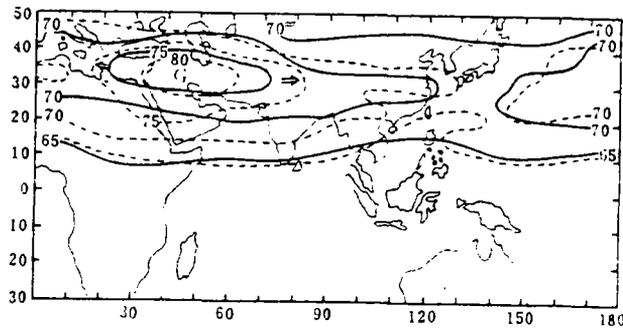


图 4 100hPa 高度场(模式计算 72 小时) 方案(一)为实线,方案(二)为虚线

件。因南亚高压的加强、东伸可引起东风急流的加强,有利于东部沿海多雨。而西太平洋副高的西伸也可产生类似效应(图略)。

2.4 东亚季风雨带的模拟

根据上述试验结果可知,东亚行星尺度系统结构明显影响了三支东亚夏季风气流及其汇合特征,也导致东来暖湿流以及南亚高压的变化,这些动力、热力结构与东亚季风雨带有密切联系,以下为三类试验方案积分 72 小时后,模拟雨带特征:

方案(一):低纬、赤道地区呈大范围东西向雨带,亚洲大陆中部有局部雨区,低纬雨带北缘位于 8°N 附近(图 5(a))。

方案(二):低纬、赤道地区仍维持东西向雨带,亚洲大陆雨带明显北抬,且降水高值区可达 25°N 附近,构成了明显的亚洲大陆印度季风雨带的特征(图 5(b)),我国东南沿海有局部雨区。

方案(三):低纬、赤道地区以及亚洲大陆仍维持热带降水区、印度季风雨带。另外,我国东部地区,即江淮流域、华北、东北南部出现了明显呈片状的大范围降水区,反映了印度季风雨带与我国东部地区雨带同位相的特征,且发生了季风雨带北移现象(图 5(c))。另外,方案(三)东亚“纬向驻波”即副高与大陆热低压的加强,导致我国原东南部沿海雨带范

围扩展,且有向内陆扩展趋势。这计算结果与实际资料有关强夏季风年江淮区域、黄河北

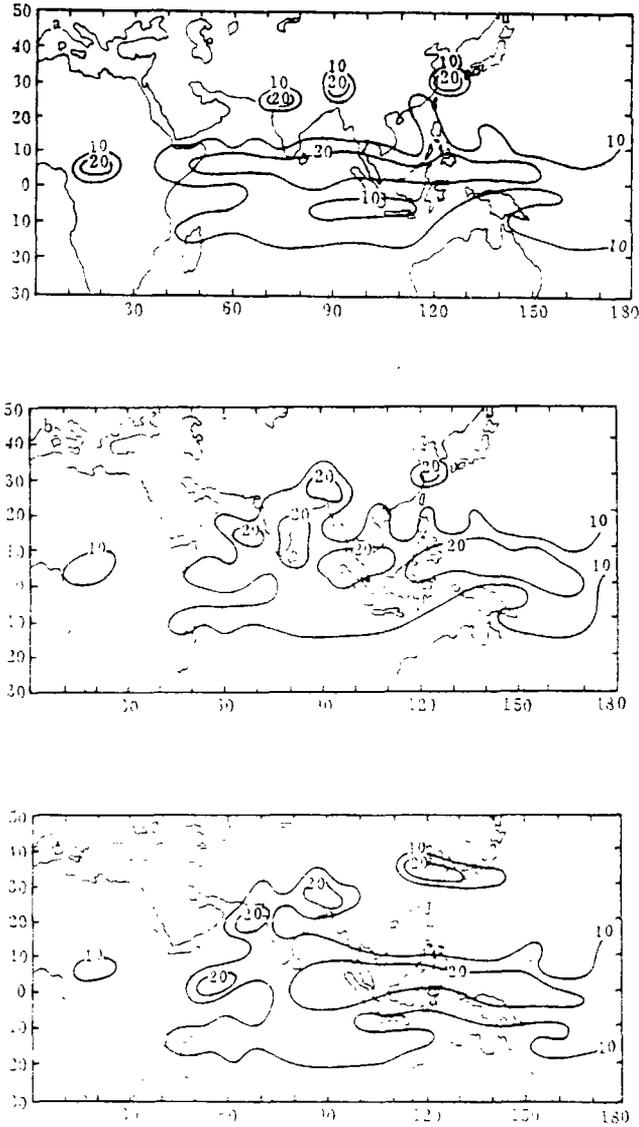


图5 (a) 方案(一)模拟季风雨带 (b) 方案(二)模拟季风雨带 (c) 方案(三)模拟季风雨带

及东北南部多雨特征^[1]有所相似。

3 结 语

由上述雨带模拟结果可见:夏季与海陆热状况密切相关的亚洲大陆热低压、西太平洋副热带高压的强度及其相互配置特点即东亚地区“纬向驻波”是影响我国旱涝分布即季

风雨带特征的关键因子之一。对于印度季风雨带的北移、扩展, 亚洲大陆热低压环流起了重要作用; 对于我国东部地区、江淮流域多雨区, 则是亚洲大陆热低压、副热带高压加强及其西伸共同影响的效应。数值模拟表明, 对于夏季我国东部地区的降水因素需要考虑三支东亚季风气流的汇合特征, 即汇合口位置与汇合流走向; 暖湿气流影响区域, 暖湿舌的北伸; 高层南亚高压变化, 反气旋切变的配合特征。

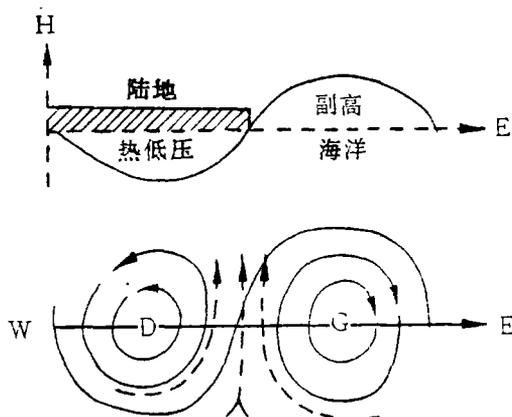


图 6 东亚“纬向驻波”与夏季风气流的相关关系示意图

数值试验也表明, 东亚行星尺度“纬向驻波”的变化, 不仅影响了与印度季风槽相关的西南气流以及副热带季风气流, 而且引起来自澳洲跨赤道气流的变化(图 6), 改变了夏季风流场特征, 反映了中低纬系统的相互作用机理。对流层低层系统的改变也可引起对流层高层系统的发展、变化, 反映了高、低层系统相互作用的动力学特征。

本文试验还表明, 和夏季雨带密切相关的暖湿气流分布特征与上述东亚“纬向驻波”的振幅有显著相关, 且与“驻波”波长有关。若海陆热力状况引起“纬向驻波”振幅加大波长缩短, 则可能导致东亚气流汇合特征, 暖湿区域分布有利于我国淮河流域、黄河北及东北南部、华北区域的多雨; 反之少雨。东亚“纬向驻波”的影响因素, 海陆下垫面的影响问题有待于进一步研究。本文仅着重对降水分布与环流背景的相关性问题, 采用数值试验方法进行了初步探讨。另外, 季风影响与初始场有关, 本文对某时段 10 天平均场进行三种不同方案的敏感性数值试验研究, 这种做法具有一定的限制性, 因此, 上述初始场的选取方法有待于进一步改进, 可望取得更为客观的模拟结论。

参 考 文 献

- 1 郭其璜. 热带气象, 1985, (1), 44—54
- 2 钱永刚. 高原气象, 1985, (2), 1—28
- 3 Kuo H L and Qian Y F. Mon. Wea. 1981, 109(11), 2337—2356

NUMERICAL EXPERIMENTS OF THE CORRELATION BETWEEN DROUGHT—FLOOD IN EAST CHINA AND EAST ASIAN ZONAL STATIONARY WAVES

- Xu Xiangde

(Tianjin Meteorological Bureau)

Yin Shuxin Shen Jianguo Wu Xiaohua

(Nanjing Institute of Meteorology)

Abstract Asia is a distinct monsoon region in the world. In China the characteristics of rainfall distribution are not only closely related to the background of the East Asian planetary scale circulation, but also to the structure of large topography in this area. By using a primitive equation model in $p-\sigma$ coordinates, this study focuses on the West Pacific subtropical high, the intensity of the continental warm low system and their combination, i. e., the characteristics of zonal stationary waves corresponding to the East Asian summer monsoons of different intensities and the East Asian sea—land thermal state in order to reveal the relationship between the summer monsoon flow pattern and the rainfall distribution in East China.

Studies are made of the correlation between the confluent features of the East Asian monsoon flow and the sea—land zonal stationary wave patterns, and the relation of the pattern of warm wet regions in summer and the formation of the warm wet tongues to the rainfall in East China. In addition, the dynamical structure of the upper— and lower—level flow fields and the features of the South Asian high during the formation of rain belt in East China.

Key words drought and flood in East China, zonal stationary wave, correlation, numerical experiment