

# 山西省夏季年际气候异常研究

## 2. 北少(多)南多(少)雨型

宋 燕<sup>1</sup> 李智才<sup>2</sup> 朱临洪<sup>3</sup> 张世英<sup>3</sup>

(1. 中国气象局培训中心,北京 100081; 2. 山西省气候中心; 3. 山西省气象局)

**提 要:** 采用 EOF 分解和合成分析方法研究了 1960—2003 年山西夏季降水异常之北少(多)南多(少)型(第二类雨型)和山西省气温的变化异常。结果表明,两者具有较好的对应关系。分析了第二类异常雨型的时空分布,并给出相应的典型年份。EOF 时间系数变化特征揭示了山西夏季降水第二类雨型有显著的年际振荡。利用合成分析,从 500hPa 位势高度场、纬向风、850hPa 风场、700hPa 水汽场和水汽输送场等物理量场研究了山西夏季第二类雨型的环流异常特征。结果表明,第二类雨型与弱的东亚夏季风相关联,北多南少和北少南多是弱夏季风的不同表现。山西省夏季降水北多南少年副高呈带状分布,位置偏北,强度较强;中高纬度地区异常波列呈大圆路径分布,在高纬度地区存在纬向排列的一十一波列,同时在东亚大陆沿岸存在经向排列的一十一波列。并且华北北部有西风异常,北支锋区偏北,由西南向东北水汽输送较强。北少南多年与之相反。海温场分析表明,第二类雨型与中北太平洋海温异常紧密相关。

**关键词:** 降水异常 北少(多)南多(少)雨型 波列 环流异常

## On Shanxi Summer Inter-annual Climate Anomalies: 2. Seldom/Rich Rainfall in North/South and Rich/Seldom Rainfall in North/South Pattern

Song Yan<sup>1</sup> Li Zhicai<sup>2</sup> Zhu Linhong<sup>2</sup> Zhang Shiyong<sup>2</sup>

(1. Training Centre of China Meteorological Administration, Beijing 100081;

2. Shanxi Meteorological Bureau)

**Abstract:** Using American National Centre of Environmental Prediction reanalysis data and monthly precipitation data at 64 observational stations of Shanxi Province, the summer rainfall an-

资助课题: 山西省气象局开放式研究基金(SX042002), 成都高原气象研究所高原气象开放基金课题(LPM2005003), 2006 年国家自然科学基金课题(40675056)

收稿日期: 2007 年 7 月 23 日; 修定稿日期: 2007 年 9 月 6 日

omalies in 1960—2003, that is the second rainfall pattern of rich/seldom in the north and seldom/rich in the south, and temperature anomalies variation were analyzed with EOF, wavelet analysis and composite analysis methods. The temperature linear trend indicated that warmer in the north and cooler in the south was well accordance to the seldom rainfall in the north and rich in the south from 1960 to 2003. The distinctive years of the second rainfall pattern were selected and the corresponding spatial and temporal distributions were made. The analysis was performed for the general circulation anomalies features with 500hPa potential height field, zonal winds, 850hPa wind vector anomalous fields, 700hPa water vapor field and water vapor transportation field. The results showed that the second rainfall pattern was closely related to weak East Asian summer monsoon and rich in the north or in the south were different appearances of weak monsoon. When the rich/poor rainfall in the north and poor/rich rainfall in the south pattern happened, the subtropical high was stronger/weaker and presented belt/block pattern, and there was westerly/easterly anomalies in north/south, which meant that the northern front region was located more north. And the water vapor transport from the southwest to the northeast was stronger/weaker too. When rainfall was rich in the north and seldom in the south, there was a wave train appearing big circle route at mid- and high- latitudes, while at high latitude the latitudinal wave train appeared  $-+-$  anomalous circulation pattern and along the coast of East Asian continent  $-+-$  anomalous circulation pattern too. Analysis of sea surface temperature showed that the second rainfall pattern has strong connection with Pacific SSTA at middle and high latitudes.

**Key Words:** precipitation anomalies poor/rich rainfall in north/south wave train circulation anomaly distribution

## 引 言

山西省属于东亚夏季风北部边缘地带,地形十分复杂,是干旱半干旱地区。按照地貌类型,山西省可分为东部山地,西部高原山地和中部断陷盆地 3 个部分<sup>[1]</sup>。由于地形的多样化,华北旱涝的特征有很强的地域性,夏季东亚夏季风受到太行山的阻挡,山西省夏季气候就全省而言北部和南部、西部和东部地区的气候存在明显的差异。夏季受到海洋性暖湿气流影响,山西省东南部地区相对北部地区和西北部地区来讲,受东亚夏季风的影响较强,气候较为湿润,降水较多;而北部地区和西北部地区由于受到太行山脉和吕梁山脉的阻挡,不能得到夏季湿润的东南气

流的滋润,表现为受东亚夏季风的影响较弱,较为干旱,降水较南部地区偏少<sup>[1]</sup>。

1960 年代中期以来东亚夏季风就趋于减弱<sup>[2]</sup>,近二十几年来,随着全球变暖的加剧,东亚夏季风系统在年代际时间尺度上趋于减弱<sup>[3]</sup>,华北地区干旱更为严重<sup>[4-8]</sup>,山西省气候也更加干旱化,干旱已经成为制约山西省发展的主要自然灾害<sup>[9-10]</sup>。这不仅表现在全省一致变干<sup>[11]</sup>,而且体现在北少南多的夏季降水异常分布型上,这种降水异常分布型在很大程度上也反映了东南夏季风偏南,不能正常北上的情况。因此,研究山西夏季降水的北少(多)南多(少)型(第二类雨型)的时空分布特征及环流特征具有极为重要的意义。本文利用较新的和较长的气候资料,对 1960 年代以来山西省夏季降水的北少(多)

南多(少)型(第二类雨型)作了详细分析,得出了一些有意义的结论。

本文所用资料和方法均与参考文献[11]相同,在此不再赘述。

## 1 山西省夏季降水 EOF 分解的第二特征向量

对山西省 65 个台站 1960—2002 年 43 年夏季降水量的标准化资料进行 EOF 分析,第二特征向量结果如图 1 所示。

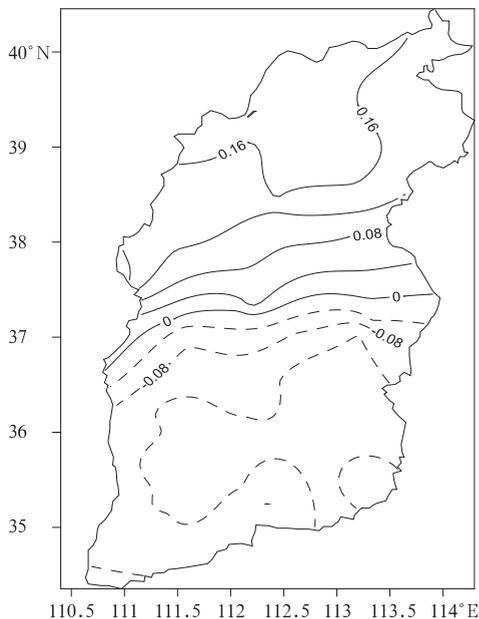


图 1 山西夏季降水 EOF 分析第二特征向量

山西省夏季降水的第一类雨型反映了全省夏季降水的一致性和同位相现象<sup>[11]</sup>,解释了降水总方差的 47.8%,是夏季降水出现频率最大的雨型。

山西省夏季降水的第二类雨型(图 1)解释了山西夏季降水总方差的 16.1%,反映了降水异常南北反位相的分布特征,对应北少南多或北多南少的降水异常特征。说明山西北部 and 南部受地理环境影响降水变率有明显差异。山西省雁北属温带地区,地处东南夏季风系统控制的北部边缘,与东亚夏季风的

强弱有明显的联系,就全省而言降水偏少<sup>[1]</sup>。当东亚夏季风较强时,偏南夏季风深入北方地区,影响山西省的北部地区夏季降水,使之偏多;而山西省南部地区夏季多受东亚季风系统的影响,与北部地区夏季降水异常有时会呈现出相反的位相。所以,两个地区的气候有明显的差异,呈反位相变化趋势。从地理位置上讲,山西省呈南北带状,北部地区基本位于华北北部,南部地区基本位于华北南部。所以山西省夏季降水的南北反位相现象对应着华北地区夏季降水的南北反位相分布。

图 2 给出了山西 65 个台站夏季降水 EOF 分析第二特征向量所对应的时间系数,可以看出第二类雨型也表现出明显的年际变化。从图上可以看出,正位相与负位相比比例相差较多,负位相的年份明显多于正位相年份,由于正距平对应北多南少,负距平对应南多北少,因此,第二类雨型北多南少的降水分布明显少于北少南多,即山西省南部地区夏季降水比北部地区偏多的年份多于北部地区夏季降水比南部偏多的年份。这比较容易解释,近几十年来东亚夏季风趋于减弱<sup>[3]</sup>,在夏季山西省南部地区易于受到东亚夏季风的影响,降水偏多;而北部地区远离湿润的西南夏季风影响,从而降水偏少。

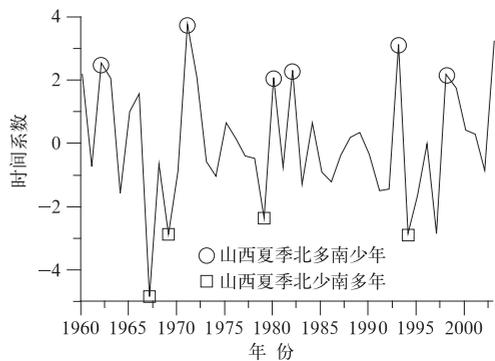


图 2 山西夏季降水 EOF 分析第二特征向量对应的时间系数

## 2 山西省夏季气温的线性趋势分析

文献[11]中考查了山西省夏季降水的变化趋势,为了研究山西省气候变化,有必要分析山西省夏季气温的变化趋势。图 3 计算了 65 个台站夏季气温的线性趋势系数,表明了全省的气温变化趋势。山西省 43 年气温变化趋势是东南降温而西北升温,基本与降水的第二类雨型相对应,反映了山西省近几十年来降水南多北少型分布,造成了气温分布的北部地区气温升高南部地区降低。说明近几十年来山西省夏季降水的北部地区减少对应气温升高,而南部地区夏季降水增多对应气温降低,基本与东亚夏季风系统的年代际偏弱相一致<sup>[3]</sup>。

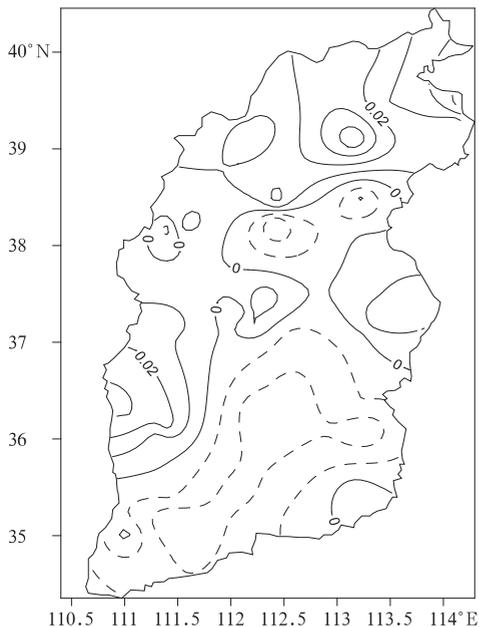


图 3 山西省 65 个台站夏季气温的线性趋势系数(单位:/年)

## 3 山西夏季降水异常北少南多型(第二类雨型)的合成分析

环流异常是引起降水异常的直接原因,为了分析引起山西夏季第二类雨型的环流异

常及与第一类雨型的环流差异,采用了合成分析方法,挑出对第二类降水雨型的典型年份,进行环流分析和对比。

根据 EOF 分析第二特征向量对应的时间系数,找出对应第二类异常雨型的典型年份(见图 2,即大于一个标准差的降水异常年份),如表 1 所示。

表 1 第二类雨型对应的降水异常年份

降水异常类型	降水异常年份
北少南多	1962,1971,1980,1982,1993,1998
北多南少	1967,1969,1979,1994

### 3.1 500hPa 位势高度场的合成分析

从北多南少年减北少南多年 500hPa 高度差值场(图 4)上可以看出,在北多南少雨型年中副热带高压地区是正异常,说明西太平洋副热带高压偏强,易呈带状分布,位置偏北,强度较强。此时华北地区北部处于副高西北边缘,南部处在正变高控制之下,东北冷涡偏强,有利于华北北部降水,而南部地区由于受副高主体的控制,降水较常年偏少。从中高纬度地区变高分布来看,异常波列呈大圆路径分布。在高纬度地区观察波列的纬向分布特征,从西到东呈现出一—一环流异常纬向分布。贝加尔湖以北地区是正变高,易生成高压脊,而巴尔喀什湖以北地区和鄂霍茨克海附近是负变高,易生成低压槽,尤以鄂霍茨克海附近负变高最为显著。东亚大陆沿

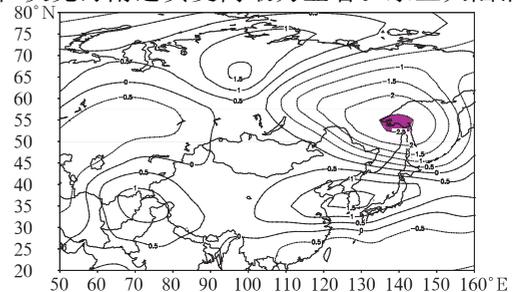


图 4 北多南少年减北少南多年 500hPa 高度差值场

阴影区  $t$  检验  $\alpha = 0.01$

岸地区从低纬到高纬有一—环流异常经向分布存在,华北地区处于负变高(副高)的西北侧;与之相反,在北少南多年,副热带高压较弱,位置偏南,华北地区南部处于副高西北边缘,有利于华北南部降水,由于东北冷涡减弱,使贝加尔湖以北地区的脊区加强东移,华北北部受脊区控制,不利于降水。因此,山西省夏季降水的北多南少型与中高纬度环流场的正负变高的经向分布型有关。

### 3.2 500hPa 经向风合成分析

在北少南多年 500hPa 经向风距平场(图略)上,山西的北部处于负距平,南部处于正距平区,说明由南到北南风异常逐渐减弱,因而使降水呈北少南多型。在北多南少年份 500hPa 经向风距平场(图略)上正好与北少南多型相反,南风异常由南到北逐渐增强,造成山西降水呈北多南少型分布。在差值图上(图 5)可以看出华北南、北有明显的差异,北部地区是明显的正异常,盛行南风;而南部地区是明显的负异常,盛行北风,因而北少南多年在华北北部地区南部存在明显的辐散,南部地区没有明显的辐散和辐合。

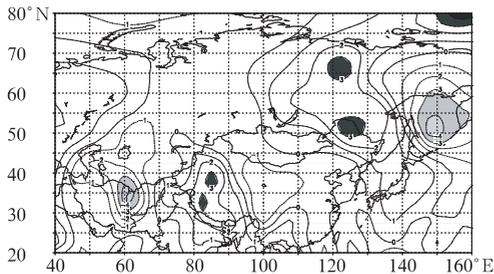


图 5 北少南多年减北多南少年 500hPa 经向风差值  
 黑影区  $t$  检验  $\alpha=0.01$  灰影区  $\alpha=0.05$

### 3.3 对流层低层(850hPa)风场分析

图 6 给出了山西省北多南少年和北少南多年所对应的 850hPa 水平风场的合成距平场的风矢量分布,在北多南少年(图 6a),东

亚大陆上空是一致的异常偏北风,说明东亚夏季风偏弱。鄂霍次克海上空存在一个较强的气旋环流异常,贝加尔湖附近存在一个弱的反气旋环流异常,北面西伯利亚上空也存在一个强大的反气旋环流异常。华北地区(对应山西北部)偏北风异常非常明显,华北北部北风异常较强,而华北南部北风异常较弱,根据急流左侧易生成气旋的动力原理,华北北部地区易产生气旋异常,从而导致华北北部地区相对多雨。在北少南多年(图 6b),东亚大陆上空也是一致的异常偏北风,说明东亚夏季风偏弱。强大的反气旋环流异常位于渤海和日本海附近,与北多南少年相比明显偏南,因此,北风异常左侧的气旋环流异常也偏南,从而造成华北南部(对应山西南部)地区相对少雨。从以上分析可知,山西省夏季北多南少雨型和北少南多雨型都是较弱夏季风的体现,是弱夏季风年份的不同类型。

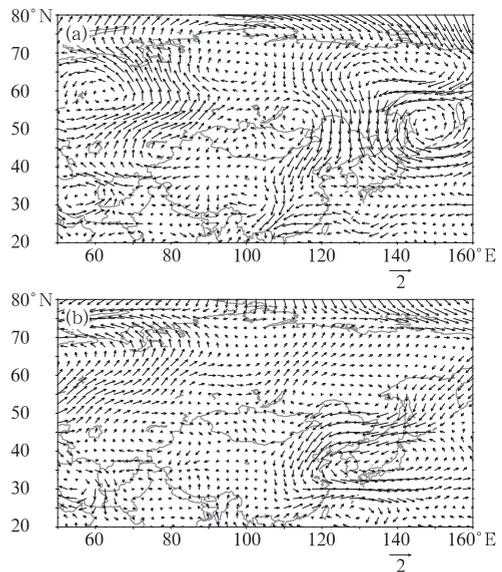


图 6 全省北多南少年(a)和北少南多年(b)850hPa 风矢量距平场

### 3.4 700hPa 水汽(相对湿度、经向纬向水汽输送)分析

在北少南多年对应的 700hPa 相对湿度

距平场(图略)上,华北北部(对应山西北部)处于 0 值附近,南部(对应山西南部)处于正距平区;在北多南少年对应的 700hPa 相对湿度距平场(图略)上,华北北部(山西北部)处于正值区,南部处于 0 值附近。从差值图(图 7)上也可以发现华北南北间相对湿度分布有明显的差异。

总而言之,北少(多)南多(少)年份相对湿度在华北地区北(南)部地区较小(大),而南(北)部地区较大(小)。

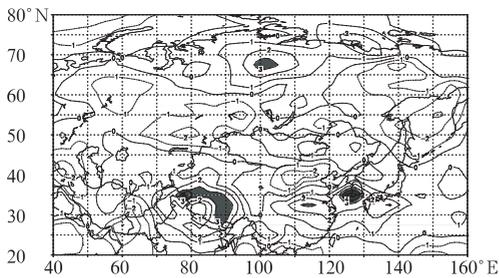


图 7 北少南多减北多南少年 700hPa 相对湿度差值图  
影区  $t$  检验  $\alpha=0.01$

在纬向水汽输送距平场上我们可以看出,北少南多年时(图 8a)华北南部地区和北部地区虽然均位于正距平区,但南部正距平明显较大,说明南部的纬向水汽输送是加强的,北多南少年时(图 8b),华北北部(山西北部地区同样)处于正距平区,南部为弱的负距平,说明山西省北部地区的纬向水汽输送是加强的。

在经向水汽输送距平场上我们可以看出,北少南多年时(图 9a)华北北部(山西北部地区也同样)位于负距平区,南部(山西南部地区也同样)位于正距平区,说明南部由南向北的经向水汽输送是加强的,北多南少年时(图 9 b),华北北部处于正距平区,而南部为弱的负距平区,说明山西省北部由南向北的水汽输送增强。

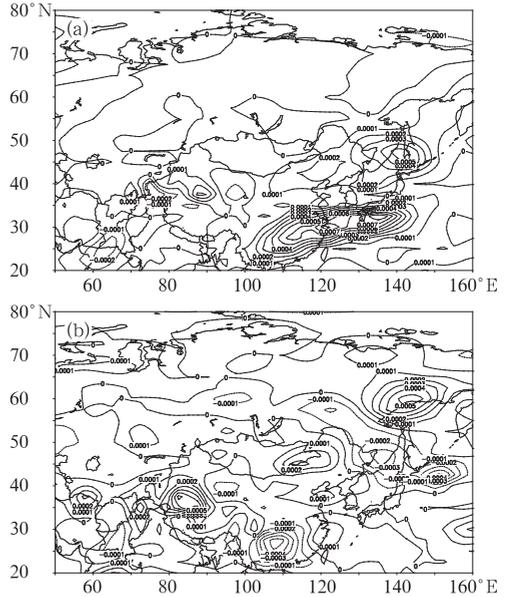


图 8 北少南多年(a)和北多南少年(b) 700hPa 纬向水汽输送距平场

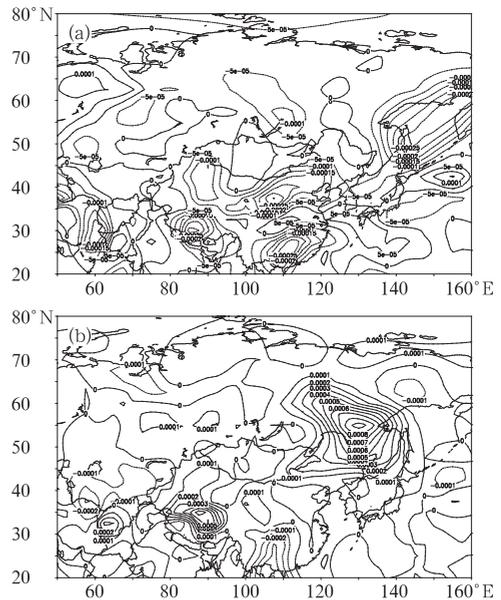


图 9 北少南多年(a)和北多南少年(b)700hPa 经向水汽输送距平场

总的来看,在北少南多年,华北南部上空存在较强的向北和向东的水汽输送距平区,

表明南部的水汽总输送是增强的,使山西南部夏季降水增多。在北多南少年,华北北部上空存在较强的向北和向东的水汽输送距平区,表明北部的水汽总输送是增强的,使山西北部夏季降水增多。

### 3.5 海温场分析

图 10 是山西省北少南多年与北多南少年海温场的差值图,从图 10a 中可以看出,当山西省夏季出现北少南多雨型时,与山西省夏季一致多雨型相比,北太平洋海温场有显著的异常变化,即北太平洋海温出现较显著的负异常,而中太平洋有明显的正异常,赤道东太平洋地区海温异常较中北太平洋为弱,基本呈现出 PDO(太平洋 10 年尺度振荡)正位相的特征;北多南少雨型与之相反,与 PDO 负位相有关联。图 10b 是前一年冬季北少南多年与北多南少年海温差值场,中北太平洋有显著的海温正异常,赤道中太平洋地区存在海温负异常,与第一类雨型相比较,中北太平洋海温异常比较显著。以上分析说

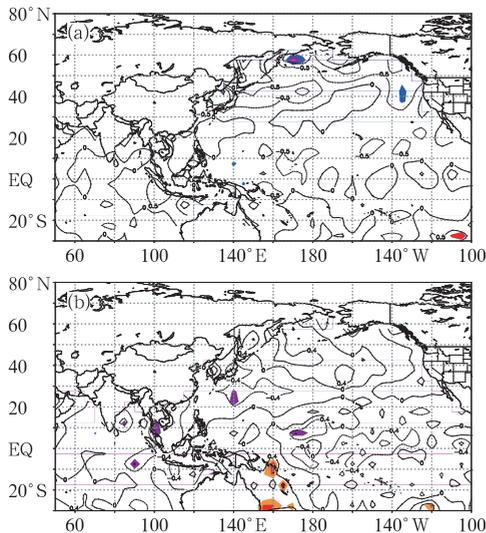


图 10 北少南多年减北多南少年海温距平差值场

(a) 当年夏季; (b) 前年冬季。

影区  $t$  检验  $\alpha=0.01$

明山西省夏季第二类雨型与北太平洋海温异常关系更为紧密。

与山西省一致多雨型相比较,北多南少雨型可能更多地与中北太平洋海温异常有关联,而一致多雨型与赤道东太平洋海温异常关系更为紧密。

## 4 结 论

(1) 根据 EOF 分解的第二主分量,山西夏季降水第二类雨型反映了降水异常南北反位相的分布特征,对应北少南多或北多南少的降水异常特征,具有明显的年际和年代际变化特征。自 1960 年以来,山西省夏季降水北少南多型明显多于北多南少型。

(2) 夏季气温趋势表明,1960—2003 年山西省夏季气温的线性趋势是北高南低,对应夏季降水异常第二类雨型的北少南多。

(3) 山西省夏季降水异常的北多南少型与中高纬度环流场异常波列的大圆路径分布有关系。通常在高纬度地区存在纬向排列的一—环流异常分布,而东亚大陆沿岸地区存在经向排列的一—环流异常分布。此时 500hPa 高度场上副高呈带状分布,位置偏北,强度较强,华北北部地区处在副高西北边缘,有利于山西北部降水;北少南多年与之相反。

(4) 从 850hPa 风场来看,山西省夏季北多南少雨型和北少南多雨型基本上对应的是弱东亚夏季风年份,应该是弱夏季风的不同表现。

(5) 北多南少型,华北北部有西风异常,北支锋区偏北,湿度较大,由西南向东北方向的水汽输送较强;南部有东风异常,湿度较小,水汽输送较弱。北少南多型与之相反。

(6) 海温场异常表明,山西省夏季北少南多雨型和北多南少雨型与中北太平洋海温场异常有密切关联。在赤道东太平洋地区,

北多南少雨型对应较弱的冷水年,而北少南多雨型对应较弱的暖水年。

### 参考文献

- [1] 钱林清,郑炎谋,郭慕萍,等. 山西气候[M]. 北京:气象出版社,1991.
- [2] 宋燕,季劲钧. 六十年代亚非夏季风十年尺度的突变[J]. 大气科学,2001,25(2):200-208.
- [3] 郭其蕴,蔡静宁,邵雪梅,等. 1873—2000年东亚夏季风变化的研究[J]. 大气科学,2004,28(2),206-215.
- [4] 黄荣辉,徐予红,周连通. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. 高原气象,1999,18(4):465-476.
- [5] 张庆云. 1880年以来华北降水及水资源的变化[J]. 高原气象,1999,18(4):487-495.
- [6] 陈烈庭. 华北各区夏季降水年际和年代际变化的地域性特征[J]. 高原气象,1999,18(4):477-485.
- [7] 夏洪星. 华北东部地区干旱分布特征[J]. 气象,1996,22(11):35-40.
- [8] 山西气候预报课题组. 山西省气候干旱及其成因的研究[M]. 1997,3. 10-22.
- [9] 张怀德. 山西干旱灾害分析 96—908—05—02 专题阶段成果文集[M]. 北京:1999:57-64.
- [10] 山西通志,气象志[M]. 北京:中华书局出版社. 1999:82-86.
- [11] 李智才,宋燕,朱临洪,等. 山西夏季年际气候异常研究 1. 山西省一致多雨或少雨(第一类雨型)[J]. 气象,2008,34(1):86-93.
- [12] 符淙斌. 气候突变现象的研究[J]. 大气科学,1994,18(3):373-384.
- [13] 彭加毅,孙照渤,朱伟军. 70年代末大气环流及中国旱涝分布的突变[J]. 南京气象学院学报,1999,22(3):300-304.
- [14] 黄玉霞,李栋梁,王宝鉴,等. 西北地区近40年年降水异常的时空特征分析[J]. 高原气象,2004,23(2):245-252.
- [15] 牛存稳,张利平,夏军. 华北地区降水量的小波分析[J]. 干旱区地理,2004,27(1):66-70.