

# 第六章 东亚季风环流

## 6.1 概述

**季风** *Monsoon*，一般地说，季风是指近地面层冬夏盛行风向相反且气候特征明显不同的现象（高空没有季风一说，虽然平流层的确存在冬夏风向相反的现象）。目前，对季风研究已超出气候学范畴，而是把它作为一个天气现象来进行研究。

**性质**

- ① 季风是**大范围地区的盛行风向随季节改变**的现象（强调大范围是因为小范围风向受地形影响很大）。
- ② 随着风向变换，控制**气团的性质**也产生**转变**。例如冬季风寒冷干燥，夏季风温暖潮湿。
- ③ 随着盛行风向的变换，将带来**明显的天气气候变化**（主要是**降水的变化**）。

## 6.2 东亚季风的环流系统

### 6.2.1 世界季风区

**定义** 赫洛莫夫 (Холомов) 规定，凡地面上冬（1月）夏（7月）盛行风向之间**至少差 120°**且**季风指数 (I)**达到一定百分率的地区为**季风区**。**亚、非和澳洲**的热带和副热带地区为全世界最大季风区。

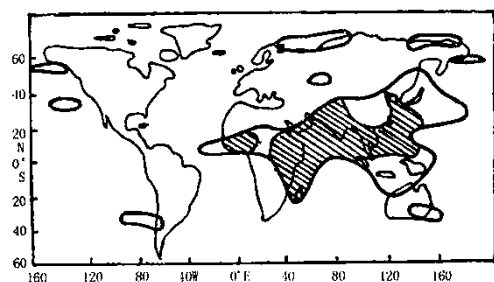
**季风指数** 季风指数的定义为： $I = \frac{(F_1 + F_7)}{2}$   $F_1$  和  $F_7$  分别为 1 月和 7 月**盛行风向频率**的百分数

规定  $I > 60\%$ : **明显季风区**       $40 < I < 60\%$ : 季风区       $I < 40\%$ : 具有季风倾向的地区

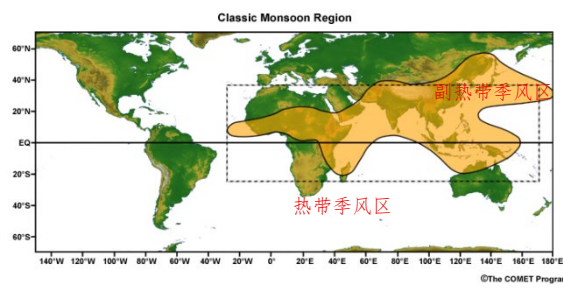
**亚洲季风区** **南亚**: **南亚印度地区**为**热带季风区**，冬季盛行东北季风，夏季盛行西南季风。

**东亚季风区**: ① **南海—西太平洋**为**热带季风区**，冬季盛行东北季风，夏季盛行西南季风。

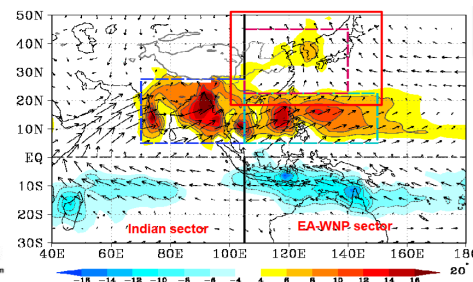
② **东亚大陆—日本**为**副热带季风区**，冬季 30°N 以北盛行西北季风，以南盛行东北季风；夏季盛行西南季风或东南季风。



实线为  $I=40\%$  等值线  
斜线区为  $>60\%$  的明显季风区



新的资料绘制的季风区



### 6.2.2 东亚夏季风环流系统

**低空成员** **澳大利亚冷性反气旋**，东亚地区向北越赤道气流、**南海-西太平洋热带辐合带** (ITCZ，或称热带季风辐合带、南海季风槽等)，**西太平洋副热带高压**，**梅雨辐合带**（或称副热带季风辐合带、梅雨锋等）。

**高空成员** **南亚高压反气旋的东部脊**、**东风急流**（含南北两支东风急流）、**东亚地区向南越赤道气流**、**南半球高空副热带高压脊**等。

**季风气流** 在上述环流系统的控制下，存在三支低层季风气流：

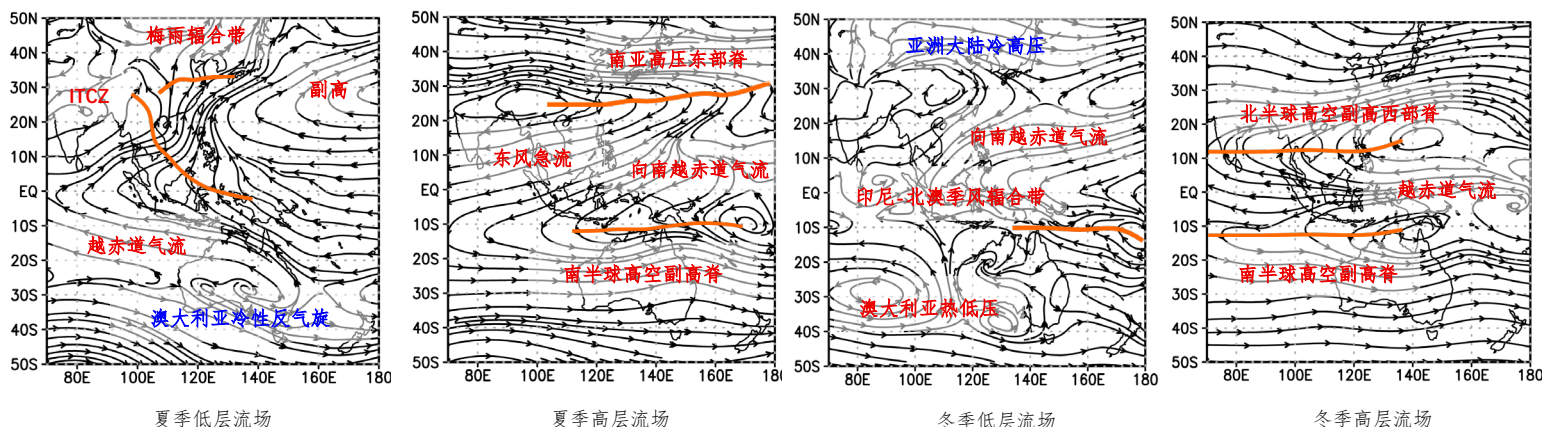
- ① **澳大利亚冷性反气旋**中辐散出来的**冬季**（南半球）**东南季风**；
  - ② **越赤道后转向而成的南海-西太平洋热带西南季风**；
  - ③ 由西太平洋副热带高压脊西侧向北流转向而成的**东亚大陆-日本副热带西南季风**。
- 东亚地区两支西南季风的北侧是**两条辐合带**，高层为辐散带，对应着两条**季风雨带**。

**夏季风异常** 夏季风环流系统中某一成员的**强弱、位置**发生变化，均可影响整个环流系统变化，从而影响夏季风的强弱和进退，并进而影响各个地区旱涝。

**热力性质** **东亚副热带夏季风的热力性质**：由于组成东亚副热带季风的三股气流均来自**热带海洋**上，富含水汽，当其进入大陆后受夏季大陆的**辐射加热**作用和副热带高压脊下的**下沉增温**作用，形成**高温高湿**的特性。

**季风对比** **东亚与南亚夏季风的比较**：

- ① 印度和中国的降水除少数地区**无明显的相关**。
- ② 印度夏季风单纯由**热带季风**组成，东亚夏季风包含**热带季风**和**副热带季风**两部分，影响系统复杂。
- ③ 大部分夏季风低压系统是在**东亚季风区**发生而后**向西传播**到印度季风区。
- ④ 印度季风区的西南气流向东输送构成东亚副热带季风的一部分。（我国夏季降水主要来自孟加拉湾）



## 6.2.3 东亚冬季风环流系统

### 6.2.3.1 高低空环流系统

**低空成员** **亚洲大陆冷性反气旋**、**东亚向南越赤道气流**、**印尼-北澳夏季风辐合带或热带辐合带**（西北季风与东南信风）以及**澳大利亚热低压**等。

**高空成员** **南半球高空副热带高压脊**，**向北越赤道气流**和**北半球高空副热带高压的西部脊**。

### 6.2.3.2 冷涌的向南传播及其对低纬环流的作用

**冷涌定义** 东亚冬季风在北方爆发及侵入我国习惯上称为**寒潮 cold wave**，当其**进一步向南海推进**时称为**冷涌**。

**南海冷涌** 一般认为当南海北部东北风大于等于 8 米/秒，**深圳与黄石**地面气压大于等于 8hPa，且冷涌过程中东北风维持在 6 米/秒以上时，称为**南海冷涌**。

冷涌向南传播过程中，冷空气的厚度愈来愈薄，一般不超过 700hPa。

**传播路径** ① 东亚大陆沿海→经台湾海峡→进入南海。

② 中国大陆西部南下→沿中南半岛东海岸→进入低纬度。

**具体作用** ① 从**东路**南下的冷空气主要在海面上移动，变性增温增湿逐渐失去干冷的特性。

② 从**西路**南下的冷空气由于在陆地附近的海上移动，且受冷洋流的影响，其变性很慢。

③ 强的冷涌可以**侵入南半球**，并可从南海南部向西传播至印度洋，形成**印度季风区的东北季风**。

## 6.2.4 东亚夏季风与冬季风的交替

### 6.2.4.1 东亚冬夏季风的建立和撤退

**两个概念** 一般所讲的冬夏季风的建立（撤退）都是**针对一个局部地区**而言的。实际上，冬夏季风都不是在一季风区的所有地方**同时**建立和撤退的，而是一个不断推进和撤退的过程。因此，对一季风区而言，所谓**季风的建立与撤退**包含两个概念：

① 一是在季风区**开始建立**（撤退），一是在整个季风区**完全建立**（撤退）。

对于**整个季风区**来说，冬（夏）季风的开始建立也就是夏（冬）季风的开始撤退，冬（夏）季风的完全建立也就是夏（冬）季风的完全撤退。**东亚季风**比较复杂，夏季存在两种性质不同的季风和季风环流系统。

② 北半球东亚季风与南半球印尼-北澳季风处于同一个季风环流系统，因此：东亚冬（夏）季风的完全建立（撤退）也就是印尼-北澳夏（冬）季风的开始建立（撤退）。

- ③ 东亚冬(夏)季风的完全建立(撤退)与东亚冬(夏)季风的开始撤退(建立)以**低层越赤道气流的转换**为标志。

#### 6.2.4.2 东亚夏季风的建立过程

- 建立过程**
- ① 南海-西太平洋热带西南季风由南半球印尼-北澳冬季风越赤道而建立。主要看环流系统
  - ② 大陆-日本副热带季风是北半球低纬环流自身变化的结果。

#### 6.2.4.3 东亚副热带夏季风的进退

- 进退过程**
- 东亚副热带季风的进退主要是指**副热带季风北侧前沿的南北进退**。
- 东亚副热带夏季风的进退与东亚热带夏季风进退有密切关系，但由于海上资料的缺乏，目前尚没有关于热带夏季风进退的详细研究。

### 6.3 东亚季风的形成

#### 6.3.1 东亚季风形成的基本因子

- 基本因子**
- ① **太阳辐射的经向差异**
  - ② **海陆热力差异**
  - ③ **青藏高原与大气之间的热力差异**

#### 6.3.2 亚洲季风区的热源(汇)分布

- 夏季热源**
- 夏季(北半球) 热源(汇)分布:**
- 大气热源(汇)  $HS$** 由**四种加热分量**所组成，即**大气长波辐射收支 $\Delta F$** (地面有效辐射 $ER$ 和大气层顶长波辐射 $F_{\infty}$ 之差)，**大气对太阳辐射的直接吸收 $\Delta S$** ，来自**地面的湍流感热输送 $SH$** 和来自**当地降水的凝结潜热 $Lp$** 。平衡公式可写为：

$$HS = \Delta F + \Delta S + SH + Lp$$

**$HS > 0$ 为大气热源**， **$HS < 0$ 为大气热汇**(或冷源)。

- ① **亚洲热带季风区** 7 月份平均热源大值带及最强中心位于**热带季风辐合带**，主要是由**对流性降水凝结潜热释放**所造成的；冷源区主要位于南半球，是大气长波辐射冷却所造成的。
- ② **东亚副热带季风区**的热源大值带位于**华北-日本**，主要是**对流性降水**所造成的，冷源区位于西太平洋副热带高压控制的地区，是由大气长波辐射冷却和感热交换所造成的。

- 冬季热源**
- 冬季(北半球) 热源(汇)分布:**在北半球**整个亚洲大陆**皆为冷源区，西伯利亚地区最强，青藏高原中部和东南部分别有两个 $-1^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 以上的中心；广大太平洋地区为热源区。由于 1 月份季风雨带已移至印尼-北澳地区，亚洲大陆的冷源主要为感热交换和大气长波辐射冷却所造成的。

#### 6.3.3 东亚季风的建立与维持机制

##### 6.3.3.1 一般机制和影响因子

- 机制**
- ① 南海-西太平洋热带季风经向垂直环流与东亚大陆-日本副热带经向垂直环流是由**与其相对应的热源(汇)**所维持的。
  - ② 亚洲热带及副热带季风环流基本特征的**初建**主要是由**海陆热力差**与**太阳辐射的经向差**共同决定的。
  - ③ **对流凝结潜热**的释放是**加强和维持**(季风爆发后，迅速成为主要因子)季风环流的重要因子。
  - ④ 副热带季风环流还受**纬向海陆热力差**的作用。

##### 6.3.3.2 青藏高原对东亚季风的建立、维持与传播的作用

- 主要作用**
- ① 青藏高原对东亚夏季风来说主要是**热力作用**，表现在**高空南亚高压**的**北上**。
  - ② 青藏高原对亚洲夏季风的**动力作用不明显**。通过数值实验得到
  - ③ 青藏高原的存在，在其背风坡的我国西南一带可以生成**西南涡**、**西北涡**等降水天气系统。
  - ④ 青藏高原的存在**限制冬季风的传播路径**，并使其**风速加强**。
  - ⑤ 青藏高原的存在对**高空西风带的分支作用**。
  - ⑥ 极大地加强了**东亚大槽**(等值线先疏散后汇合)，引导低层**冷空气南下**；有利于南支西风气流在孟加拉湾处生成**南支槽**，南支槽活跃东移时，有利于在我国南方冬季锋生和降水。



6.3.4 中国夏季风降水的水汽源地

- 南海地区

对于整个南海地区，夏季水汽主要来自**东南边界**（赤道地区和西太平洋 60%）和**西边界**（印度洋与孟加拉湾 40%）（使用后向追踪技术获得数据）。水汽为净辐合，即南海为水汽汇，降水量大于蒸发量。因此，南海地区夏季成为水汽凝结潜热释放的强热源区。
- 东部地区

对于整个中国东部地区来说，水汽主要来自**西边界**（44%），其次是**南边界**（南海 33%），最后是**西太平洋**（23%）。由于整个地区水汽净辐散（量较小），因此本地区内**水汽蒸发**也是降水的水汽来源。
- 总述

各个分地区处于雨季时，水汽净辐合成为水汽汇，水汽由外部供应；同时成为大气热源区（凝结潜热释放）。因此，中国东部大陆夏季热源随雨带移动而移动。

6.4 东亚季风与低频振荡

6.4.1 大气低频振荡的一般情况

- 高频振荡

时间尺度**小于 7-10 天**，大气振荡导致大气环流的周期性变化（天气尺度振荡，一周左右）。
- 低频振荡

时间尺度**大于 7-10 天**，小于一个季度（也称季节内变化，准双周振荡）。
- 季节变化

以**年为周期**的振荡（年循环、季节循环）。
- 甚低频振荡

年以上的大气振荡（年际、年代际、百年、千年、地质时期等）。

6.4.2 低频振荡的传播

6.4.2.1 纬向传播

- 传播特征

1 波型准 40 天振荡**沿赤道东传**的环流变化 (MJO) 特征说明：  
① 低频对流最有利的**发展区域：赤道印度洋**  
② 低频对流获得**再次加强**的区域：**西太平洋**  
③ 这两个区域都属**亚洲季风区**的范围，整体冬季强于夏季。  
纬向波数为 2 的长波射出辐射 (OLR) 低频扰动表现出较明显的**驻波**特性。
- 传播方向

准 40 天低频振荡在各纬度上的传播方向不同：**赤道东传**，**副热带地区大多数西传**，**30°N 以东传**为主。  
低频振荡的纬向传播**具有显著的年际变化**。

6.4.2.2 经向传播

- 经向传播

低频振荡除了纬向传播特性之外，还表现出明显的经向传播特征，尤其是在南亚和东亚夏季风区。
- 传播特征

在低纬度地区，低频振荡有沿着经圈垂直环流方向传播的特征。

南北半球低频环流相互作用

低频振荡的经向传播可以引起**南北半球低频环流**的相互作用。南半球中纬度大范围的斜压性和冷空气活动具有准 40 天的周期性，对北半球夏季风有显著影响。北半球东亚的低频冬季风活动对南半球夏季风有显著影响。北半球低频东北风涌向南侵入南半球后常引起气旋性扰动的发展，并在其北侧赤道附近引起西风爆发，风速比东北风涌的风速大得多。西风爆发具有低频振荡的特性，东传，把赤道西太平洋海表的暖水向东吹流，使得东太平洋海表温度（SST）变暖。同时，西太平洋海面降低，东太平洋海面升高从而导致厄尔尼诺（El Niño）事件的发生