

## § 4.4 热带环流概况

热带,一般指南、北半球的副热带高压脊线之间的区域,约占地球表面积的一半。在全球大气环流方面,在这个区域里大气从地表得到西风角动量和净的热量收入,向中、高纬度输送西风角动量和热量,以补偿中、高纬度大气损失的热量和西风角动量。热带的环流与中、高纬度的环流有密切关系。近 20 年来人们已重视对热带气象的研究,多次进行热带气象探测试验,增进了对热带气象的认识。

### 一、平均环流特征

#### (一)地面流场

图 4.22 表示低纬热带地区 1 月份的地面平均流场,结合(图 4.6)1 月份的海平面平均气压场可以看出,热带地区主要地面气流是两支偏东气流,在北半球的副热带地区有两个巨大的反气旋,它们的中心均在大洋东部,从反气旋中心区流向赤道的偏东北气流因为很稳定称为东北信风。南半球的副热带地区海洋上也有三个巨大的反气旋,从反气旋中心气流向赤道的东南气流也很稳定称为东南信风。两支信风交汇的地区称为赤道辐合带(或热带辐合带),此带大致环绕全球,在大西洋、西非和太平洋东部赤道辐合带平均位于  $5^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{N}$ ,而在印度洋和西太平洋则位于  $10^{\circ}\text{S}$  左右。

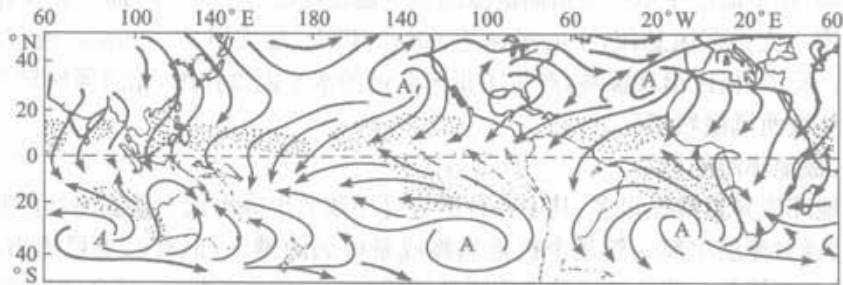


图 4.22 1 月份低纬地区地面的平均近似流线

(阴影区表示 80% 以上时间的风向在所给平均流线方向左右  $45^{\circ}$  以内)

与平均流场基本上相应的气压场,1 月份主要系统有:亚洲大陆的强大冷高压,从冷高压中流向赤道的东北气流在冬季也相当稳定。但因夏季亚洲大陆的气压系统变为热低压,相应气流也转为西南和东南气流。人们把这种相当稳定的盛行风随季节发生显著变化的气流称为季风。与海洋上巨大反气旋相对应的气压系统为副热带高压。因为海陆热力性质差异,高压中心均在大洋东部。在北半球因为冬季大陆比海上冷,故均为冷高压控制,南半球则相反,因为它正是夏季,三

个大陆均为热低压所控制。赤道辐合带所对应的气压场是赤道低压带或称为赤道槽。

7月份低纬地区主要气压系统与流场特征(图4.7和图4.23)是:亚非地区为一强大的热低压所控制,印度洋、南亚、东南亚和我国南海的风系,由冬季的东北季风转变为稳定的西南气流,即西南季风;太平洋和大西洋的副热带高压带比冬季强得多,东北信风也有所增强并伴随副热带高压带北移到 $20^{\circ}\text{N}$ 或以北;南半球这个季节是冬天,只有澳大利亚大陆为冷高所控制,它是经常影响西太平洋地区的南半球寒潮来源。两支信风汇合的热带辐合带位置在各个经度上位移有很大差别,西太平洋的热带辐合带1~3月都在南半球 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{S}$ ,4月中、下旬开始急速北上,并且第一次越过赤道到北半球。在逐日天气图上,热带辐合带第一次北跳都是与西太平洋第一个台风发生、发展和北上相联系的,等到这个台风生命结束,辐合带也就南撤。5月下旬以后热带辐合带就稳定北上,7~9月到达最北位置 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ ,10月中、下旬,热带辐合带开始迅速南移,12月就越过赤道到南半球。

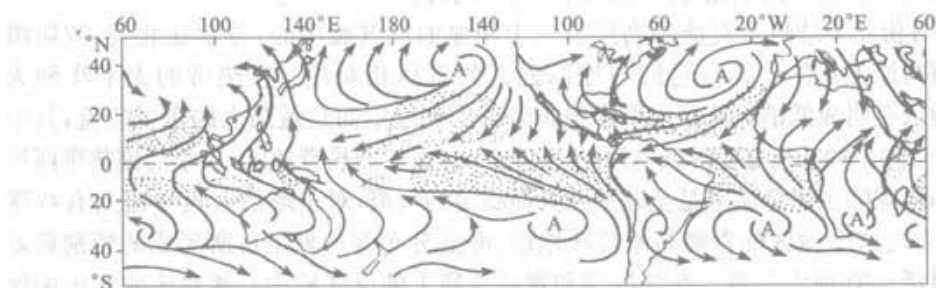


图4.23 7月份低纬地区地面的平均近似流线(说明见图4.22)

总之,低纬地区地面主要风系是信风带和季风。主要的环流系统有,副热带高压、赤道低压(赤道槽)及与它相联系的赤道辐合带(热带副合带)。最近人们把两支信风汇合的辐合带特称为信风辐合带(气压场称为信风槽),它常出现在大西洋和太平洋的热带地区;把信风与季风(或赤道偏西风)汇合的辐合带,称为季风辐合带(也称为季风槽),它主要出现在亚非季风表现最明显地区,其平均位置随季节摆动很大,1月平均位于 $5^{\circ}\text{S}$ 左右,7月在 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间,甚至可达 $20^{\circ}\text{N}$ 以北。亚洲和印度洋地区季风槽随季节南北摆动可达30个纬距以上,西半球这种位移较小。

#### (二)对流层上部平均流场

1月份北半球热带对流层高层出现强大的西风,其最大风速在 $50\text{m/s}$ 以上。从阿拉伯半岛往东,副热带急流经西藏高原南缘向东移去,具有偏南分量,到日本上空

与极锋急流相接近,成为最强大的西风带急流,其中心位于100~150hPa高度,风速最大可达100m/s以上。西风急流中有三个强度较弱的平均槽,分别在孟加拉湾、非洲西海岸和太平洋东部(图4.24)。

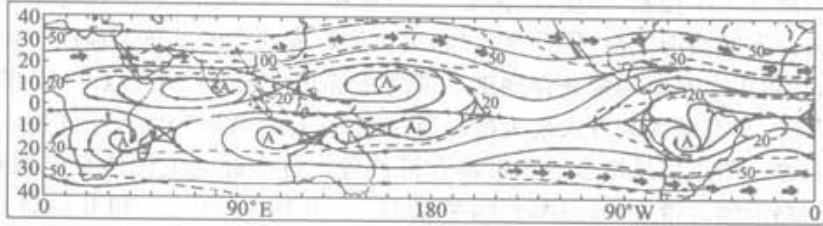


图4.24 1月份200hPa的合成风  
(风速单位为海里/小时,黑的粗箭头表示急流轴与方向)

与图4.4对照,可以看出这三个波与中高纬度西风带的三个波位相几乎完全相反,而且波脊比槽特征明显也与中高纬不同。南半球副热带西风气流中槽脊不明显,只有在南非和大洋洲东侧海洋上有两个较弱的脊。

7月份北半球热带对流层高层有三个明显的反气旋中心,分别在北美、波斯湾和青藏高原上(图4.25),它们与地面强大的低压相对应。在热带的太平洋和大西洋地区有明显低槽。从西太平洋到非洲有一支稳定而且最强大的东风急流,其中心位于150~100hPa高度,风速约30~40m/s。在亚洲热带地区,冬季的副热带西风急流和夏季的东风急流都是全球最强大而稳定的气流,对全球的大气环流具有特殊意义,它与这个地区的青藏高原特殊地形、海陆分布和地理条件所形成的特别显著的季风活动有很大关系。在波斯湾和青藏高原上的反气旋中心相对应的气压场仅仅是一个全球最强大的高压(图4.26)称为南亚高压,北美高压强度和范围都较弱小。在这两个高压之间的太平洋和大西洋热带地区分别存在热带对流层的槽和近赤道脊。

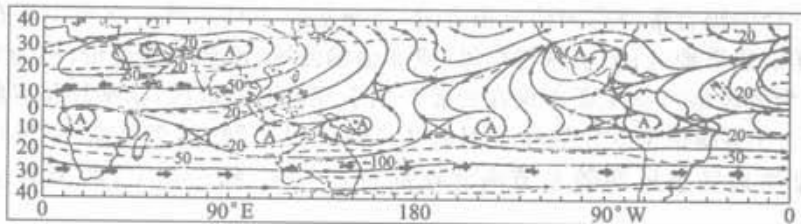


图4.25 7月份200hPa的合成风(说明同图4.24)

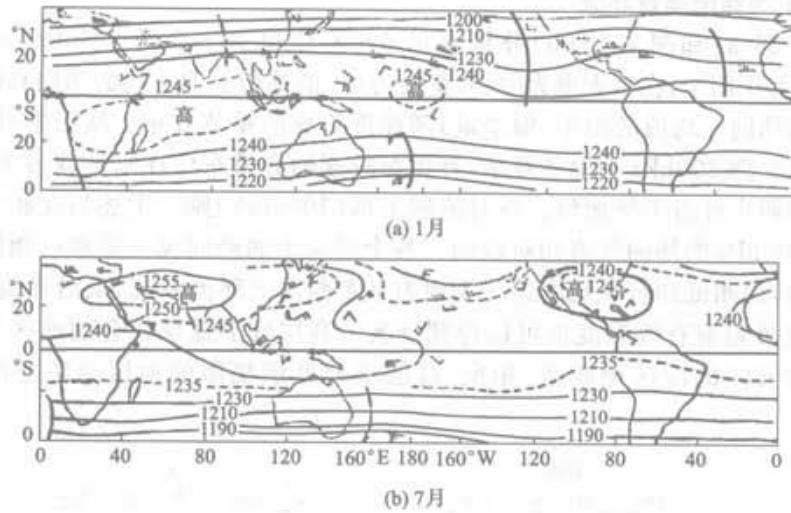


图 4.26 低纬地区 200hPa 平均高度场和合成风

二、平均经向垂直环流

从图 4.27 可以看出全球低纬地区各个季节的平均经圈环流都是哈得来环流,但是其强度和位置都随季节有明显变化。在北半球冬强夏弱,其上升支冬季位于 5°S 附近,夏季在 10°N 附近,春秋季节位于赤道附近。赤道地区不论什么季节平均都是上升气流,副热带地区都是下沉气流。

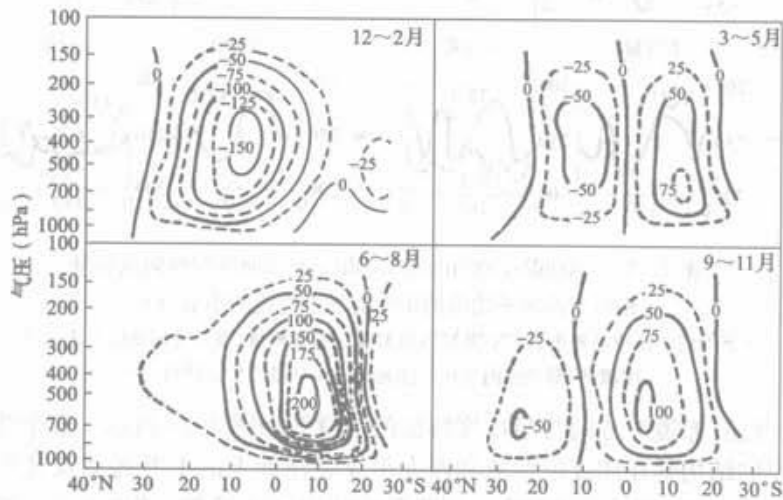


图 4.27 低纬地区各季平均经圈环流  
(单位:  $10^{12} \text{g/s}$ )

### 三、平均纬向垂直环流

图 4.28(a) 和图 4.28(b) 分别表示 6~8 月和 12~2 月 200hPa、500hPa 和 1000hPa 等压面上, 在以赤道为中心、宽度为  $10^\circ$  的纬带上取平均的纬向和经向风分量相对于其纬向平均值的距平(偏差量)随经度变化的季节分布。从图中可以看出, 在对流层上部 200hPa 不论冬夏季, 有相对较强的赤道东风在东半球占主导地位, 而西风在西半球占主导地位。在对流层下部(1000hPa) 则与上述情况相反。对流层中部 500hPa 的纬向气流相对较弱。各个层次上的经向风分量都比相应的纬向风分量弱, 说明低纬行星尺度运动表现为呈东西向的环流系统, 从沿赤道  $15^\circ\text{N}$  和  $15^\circ\text{S}$  的红外辐射有效温度也可以得到证实。高层辐散低层辐合的地区与平均降水区高耸云体的冷区相联系, 相反, 高层辐合低层辐散的地区为晴空的暖区相联系。

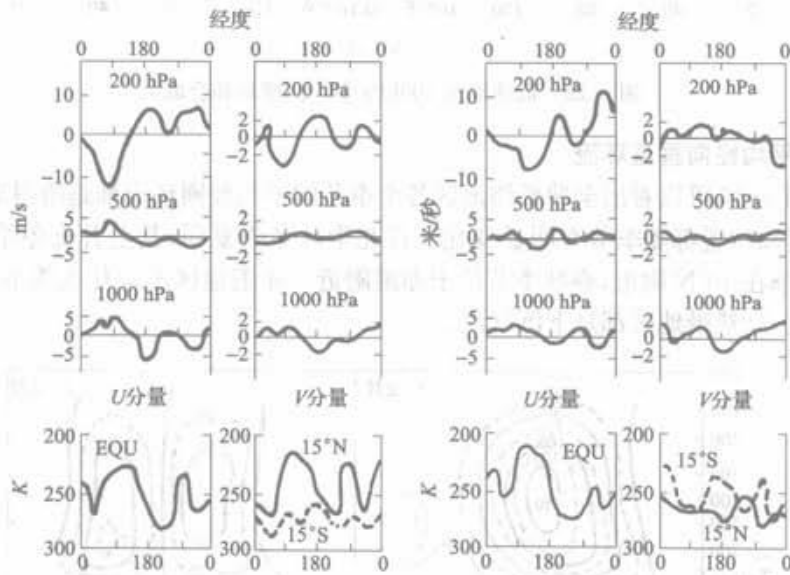


图 4.28 1000hPa、500hPa 和 200hPa 上纬向风和经向风分量  
相对于纬向平均值的距平随经度变化的季节分布

[下面的一排图是赤道、 $15^\circ\text{N}$  和  $15^\circ\text{S}$  红外辐射有效温度(垂直坐标轴向下表示温度增高)随经度的变化。注意经向风分量的坐标已放大]

综上所述, 赤道对称的行星尺度特征的示意图如图 4.29 所示。数个纬向环流圈中, 最主要的结构是在印度尼西亚和西太平洋暖洋面上的上升运动及其东西两侧的下沉运动。与印度尼西亚的对流区相联系的纬向环流圈常称作“沃克环流”, 它横跨赤道太平洋。

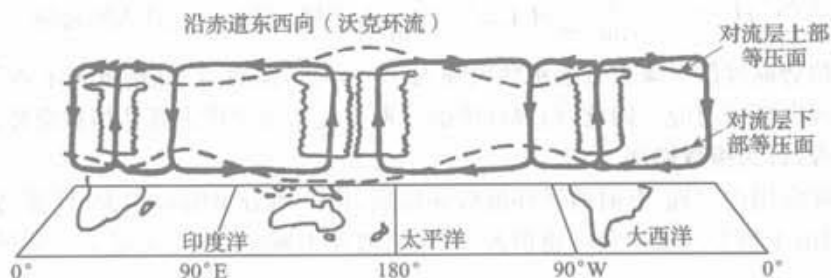


图 4.29 关于赤道对称的行星尺度特征的示意图

[注意太平洋——印度尼西亚的主要环流称作沃克环流(该图是根据 Zillman 在私人通信中所提供的)]

### § 4.5 西风带大型扰动

中高纬度的平均经向环流(费雷尔)环流很弱,平均水平环流在对流层盛行西风称为西风带。西风带弯弯曲曲围绕着极涡沿纬圈运行,平均而言,西风带中冬季有三个槽脊,夏季则变为四个槽脊。这种波状流型称为西风带波动。在每日的高空天气图上,西风带波动比平均图复杂得多,常表现为振幅、波长不等,有时甚至出现一些闭合涡旋。西风带的波状流型有时表现为大致和纬圈相平行,这种环流状态称为纬向环流,也称为平直西风环流;有时则表现为具有较大的南北向气流,甚至出现大型的闭合暖高压和冷低压,这种环流状态称为经向环流。

经向环流和纬向环流在空间分布和时间演变中经常是交替出现。即在某一广大地区为平直西风环流,而另一广大地区则出现经向环流。西风带环流变化的主要特征就是经向环流与纬向环流的维持及其间的转换。它们互相转换的基本原因可以理解为:设先为平直西风环流,气流南北交换弱,由于南北太阳辐射强度的差异,西风带中温度梯度将加大,即锋区增强,有效位能增大,当受扰动作用,扰动因获有效位能释放得到发展成为大型扰动(大槽大脊),甚至可出现闭合系统,纬向环流转为经向环流,南北交换增强,南北向的水平温度梯度减小,有效位能转为动能,摩擦耗散动能,大型扰动逐渐减弱乃至消失,环流又恢复纬向。

#### 一、环流指数与指数循环

纬向环流与经向环流相互转化与交替出现,常表现为西风分量的强弱变化。为了定量地表示西风强弱, Rossby 提出,把  $35^{\circ} \sim 55^{\circ}$  之间的平均地转西风定义为西风指数,实际工作中就把两个纬度带间的平均位势高度差作为西风指数  $I, I = \overline{H}_{35^{\circ}} -$