



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

世界气候与农业

姜会飞 郑大玮 主编



气象出版社
China Meteorological Press

世界气候与农业

姜会飞 郑大玮 主编

气象出版社

内 容 简 介

本书是为高等农业院校开设世界气候与农业课程而编写的教材。全书分为三部分:第一篇为总论,介绍气候形成及气候与农业生产关系的基本知识;第二篇为各论,也是本教材的主体部分,以较大篇幅介绍世界各大洲主要农业国和农产品出口国的气候与农业的关系,还用篇幅最大的一章介绍了中国的气候与农业,并与世界主要国家作了比较;第三篇为世界气候与农业可持续发展,涉及当前有关世界气候与农业关系研究中的若干热点问题,包括气候相似理论及其应用,全球气候变化对农业的影响及对策,全球气候与农业生态环境的关系等。教材在强调基本理论与知识的同时,尽可能跟踪世界最新科技进展。为了使学生掌握基本的气候分析技能,还安排了四次实习,并在教材后面附有详尽的实习指导。此外,教材后面的附录列出了世界各国的农业生产、主要自然资源和气候要素的统计数据。

本书可作为相关大专院校学生必备的工具书,也可作为各地农业和农村干部、农业科技工作者和农业院校教师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

世界气候与农业/姜会飞,郑大玮主编. —北京:气象出版社,2008.3

ISBN 978-7-5029-4484-1

I. 世… II. ①姜…②郑… III. 农业气象—世界—高等学校—教材 IV. S162.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 032019 号

世界气候与农业

Shijie Qihou yu Nongye

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码:100081

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

电 话:总编室 010-68407112,发行部 010-68409198

责任编辑:王元庆

终 审:汪勤模

封面设计:张建永

责任技编:刘祥玉

责任校对:牛 雷

印 刷 者:北京昌平环球印刷厂

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:28.5

字 数:557 千字

版 次:2008 年 3 月第 1 版

印 次:2008 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部联系调换

编 委 会

主 编:姜会飞 郑大玮

副主编:(按姓氏笔画排序)

龙步菊 孙彦坤 胡 飞 蒋跃林 甄文超

编 委:(按姓氏笔画排序)

王 勇 田志会 龙步菊 孙彦坤 刘安国

陈志全 陈宗瑜 罗新兰 胡 飞 蒋跃林

甄文超

前 言

党的十七大报告在阐述如何统筹城乡发展、推进社会主义新农村建设时强调指出,要走中国特色农业现代化道路。其基本内涵是以保障农产品供给、增加农民收入、促进可持续发展为目标,以提高农业劳动生产率、资源产出率和商品率为途径,以现代科技和装备为支撑,在家庭承包经营的基础上,在市场机制和政府调控的综合作用下,建成农工贸紧密衔接、产加销融为一体、多元化的产业形态和多功能的产业体系。为实现全面建设小康社会和现代农业的目标,我们一方面要立足国情,加快我国农业的产业化和现代化进程,同时要学习和借鉴世界各国农业现代化的经验和教训。

随着农村经济体制改革的不断深入和农业现代化的进程,随着中国加入世界贸易组织和经济全球化进程的加快,中国农业与世界经济的联系也更加紧密;2002—2007年,中国与世界农产品贸易总额以每年近20%的速度逐年增长,农业科技交流也日趋密切。一方面,中国农业必须确保十几亿人口的食物安全和满足人民生活水平不断提高对于农产品日益增长的基本需求;另一方面,又要超越传统农业自给性生产和消费的思维定式,充分利用经济全球化的机遇,促进中国与世界农业自然资源和社会经济资源的优化配置和高效利用。

目前,我国正处在经济快速发展的战略机遇期,农村工业化和人口城镇化既推动着农村社会的深刻变革,加速了农业产业化和现代化进程,同时也带来了农业自然资源短缺与农业生态环境恶化的严峻挑战。特别是全球气候变化加剧,极端天气和气候事件的危害加重,将对我国和世界农业的格局与发展带来深刻的影响。在新的形势下,无论是农业科技工作者还是农业院校的师生,都需要了解一些有关世界气候与农业的知识。近年来,为满足社会需求,一些农业院校先后开设了《世界气候与农业》的选修课,取得了很好的效果。为了填补教材的空白,中国农业大学等10所院校联合编撰了《世界气候与农业》的教材,这是我国农业高等教育一项重要的教材建设,对于拓宽学生的知识领域和视野,促进中国与世界的农业科技与经济交流,都将具有深远的意义。

为编好本教材,中国农业大学和国内几所著名农业院校的教师历时数载,反复加工,尽可能使用最新的数据与事例,对全球各大洲与主要农产品生产国的气候与农业生产特点作了比较全面的介绍,并与中国的气候与农业进行了比较。在附录中还列出了世界各主要国家农业生产、自然资源 and 气候的统计数据,使本书在一定

程度上具有工具书的作用。教材内容从总论、各论到应用,各篇之间结构严谨。这些成功的教材编写经验也是值得总结的。

在经济全球化和全球气候变化加剧的背景下,世界农业和农产品贸易格局,以及世界气候的特征在不断发生新的变化,中国农业的发展也会取得新的成就,每隔若干年本书的农业经济数据与气候资料都需要更新。我们期待本书再版将与时俱进,更新更好。

作者

2008年3月

目 录

前言

第一篇 世界气候与农业总论

1 世界气候概述	(3)
1.1 世界气候的形成与要素分布	(3)
1.2 世界的气候带与气候型	(22)
2 气候条件与农业生产的关系	(31)
2.1 气候与生态环境	(31)
2.2 气候因子与农业	(41)
3 世界农业气候资源分析与利用	(55)
3.1 气候条件与种植业	(55)
3.2 气候条件与林业	(71)
3.3 气候条件与养殖业	(76)
3.4 气候相似理论在农业上的应用	(87)

第二篇 世界气候与农业各论

4 亚洲气候与农业	(101)
4.1 亚洲自然地理与气候特征	(101)
4.2 东亚的气候与农业	(106)
4.3 东南亚的气候与农业	(113)
4.4 南亚的气候与农业	(122)
4.5 西亚的气候与农业	(129)
4.6 中亚的气候与农业	(136)
5 非洲气候与农业	(142)
5.1 地理位置和地形地势特征	(142)
5.2 非洲的气候	(143)
5.3 非洲不同气候带和气候区农业的基本特征	(148)
6 美洲气候与农业	(160)
6.1 北美洲的气候与农业	(160)

6.2	中美地峡和西印度群岛的气候与农业	(174)
6.3	南美洲的气候与农业	(177)
7	欧洲气候与农业	(191)
7.1	欧洲的自然地理和气候特征	(191)
7.2	东欧的气候与农业	(197)
7.3	南欧的气候与农业	(207)
7.4	西欧的气候与农业	(211)
7.5	北欧的气候与农业	(218)
8	大洋洲气候与农业	(222)
8.1	大洋洲的自然地理与气候特征	(222)
8.2	大洋洲的气候与农业	(223)
9	极地及海洋气候与生物	(234)
9.1	极地气候与生物	(234)
9.2	太平洋的气候与生物资源	(239)
9.3	大西洋的气候与生物资源	(242)
9.4	印度洋的气候与生物资源	(245)
10	中国气候和农业	(247)
10.1	中国的自然地理与气候特征	(247)
10.2	区域气候与农业	(257)
10.3	中外气候与农业的比较	(279)

第三篇 世界气候与农业贸易及农业可持续发展

11	全球气候变化与世界农业	(299)
11.1	全球气候变化概述	(299)
11.2	气候变化对农业的可能影响	(319)
11.3	气候变化的农业适应政策	(335)
12	全球变化与生态环境保护	(344)
12.1	全球变化对生态环境的可能影响	(344)
12.2	荒漠化的防治对策	(358)
12.3	农业减灾技术与对策	(367)
12.4	生态系统的服务功能与生态环境建设	(380)
13	世界气候与农产品贸易	(385)
13.1	气候对世界农产品贸易的影响	(385)

13.2 加入世界贸易组织对中国农业的影响及对策	(404)
13.3 掌握气候规律,争取农产品贸易的主动权	(410)

实习篇 农业气候分析方法

实习一 世界气候类型判别	(421)
实习二 中国的气候特点分析	(424)
实习三 不同气候类型区气温和降水的季节分布	(425)
实习四 农业气候相似分析	(429)
参考文献	(431)
附录 1	(434)
附录 2	(437)
附录 3	(438)
附录 4	(442)

第一篇

世界气候与农业总论

1

世界气候概述

气候指一个地区多年的大气状态,包括平均状态和极端状态。人类早在远古时代就有了气候的概念。我国古代以 5 日为一候,3 候为一气,把一年分为 24 节气和 72 候,各有其气象和物候特征,合称为气候。

一个地区的气候条件通常以气候要素的平均值与极端值表示。描述各地气候的气象要素主要有辐射、温度、降水、蒸发和风等,各要素既相互独立又相互影响,并具有明显的时空变化规律。根据气候学研究,某地的气象记录档案连续积累了 30 年之后,基本上就可以反映出该地气候的基本状况和主要特征。因此,世界气象组织(WMO)要求以 1901—1930 年为起始,规定 30 年作为一个基本时段,每 10 年对历史观测资料进行统计整编作为区域气候标准值。受基本观测数据的限制,中国以 1951—1980 年作为标准气候值第一时段,以后每 10 年进行一次统编。现代气候学认为,气候的多变性有两种不同的类型:一种叫气候变率,另一种叫气候变化。各个基本时段之间大气平均值等统计量的差异称为现代气候变化,每个基本时段内的气候振动称为气候变率。

气候形成和变化受多种因子的制约。近代气候学将那些能够影响气候而本身不受气候影响的因子称为外部因子(如太阳辐射、地球轨道参数的变化、大陆板块运动、火山活动等),气候系统各组成单元之间的相互作用称为内部因子,外部因子必须通过系统内部相互作用才能对气候产生影响。

影响气候形成和变化的因子主要为:太阳辐射、环流因子(包括大气环流和洋流)、下垫面因子(包括海陆分布、地形与地面特性、冰雪覆盖等)和人类活动等的影响。

1.1 世界气候的形成与要素分布

1.1.1 气候的形成因子

1.1.1.1 太阳辐射与辐射平衡

(1) 太阳辐射

太阳辐射能是地面能量的主要来源,也是大气中一切物理现象和过程的基本动力,因而是气候形成的首要因素。地球在太阳系中的位置、地球的形状和运动状态决定了不同地方大气上界所获的太阳辐射是不同的(图 1.1)。到达大气上界的

太阳辐射称为天文辐射,天文辐射的时空分布形成了气候的南北差异和季节交替,具有如下基本特点:

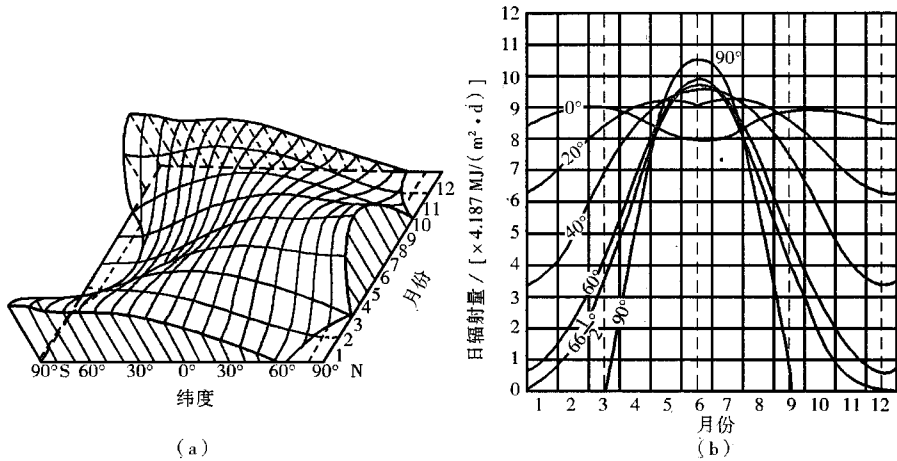


图 1.1 地球表面水平面上天文辐射的时空分布
(a)各纬度天文辐射的立体模式;(b)北半球水平面上天文辐射的年变化

天文辐射的分布和变化不受大气影响,主要取决于日地距离、太阳高度角和白昼长度。据理论计算,天文辐射的时空分布规律为:第一,全年赤道获得的太阳辐射最多,从赤道向极地随纬度增高而减小,极小值出现在极点。第二,北半球夏半年在 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 的纬度带,获得太阳辐射最多,由此向赤道和极地递减,最小值在极点;夏半年太阳位于天顶的时间以回归线附近最长。又因纬度愈高,太阳高度角虽趋于减小,但一天之中的白昼时间却愈增长,所以太阳辐射随纬度增高而递减,但递减程度趋于和缓,高低纬度之间的差值较小。甚至在夏至附近的一段时间,极地由于日照时间长,获得太阳辐射多于赤道。第三,冬半年北半球在赤道获得太阳辐射最多,随纬度增高迅速递减,高低纬度之间的差值大,因冬半年随纬度增高,太阳高度角和白昼时间均迅速递减的缘故。第四,同一纬度,冬、夏太阳辐射的差值,随纬度增高而增大,即太阳辐射的年振幅随纬度增高而增大。第五,北半球夏半年在绕太阳椭圆轨道的远日点,南半球夏半年在近日点,所以南北半球纬度相同地区北半球夏半年获得的太阳天文辐射比南半球夏半年获得的少。同理,北半球冬半年在近日点,南半球冬半年在远日点,同样在冬季,南北半球相同纬度地区,北半球获得的太阳辐射比南半球多。

按地球纬度的高低依次把全球划分七个天气气候带:赤道带($10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$)、热带($10^{\circ}\sim 25^{\circ}$)、亚热带($25^{\circ}\sim 35^{\circ}$)、温带($35^{\circ}\sim 55^{\circ}$)、亚寒带($55^{\circ}\sim 60^{\circ}$)、寒带($60^{\circ}\sim 75^{\circ}$)和极地带($75^{\circ}\sim 90^{\circ}$)。

太阳辐射穿过大气层,受大气成分的吸收、散射和云层的反射等减弱之后,实

际到达地面的太阳辐射称为到达地面的有效总辐射,简称总辐射,包括直接辐射和散射辐射两部分。

全球年总辐射大致为 $2\,520 \sim 9\,240 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,基本上呈带状分布,只是在热带低纬度地区受到破坏(图 1.2)。赤道地区,因为云雨较多,到达地面的太阳辐射大大降低;南、北半球的副热带地区,特别是大陆上的副热带沙漠地区,因为云量最少,太阳辐射穿过大气时的减弱也最少,到达地面的太阳辐射也就最大,非洲东北部年总辐射高达 $9\,210 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。我国各地太阳辐射年总量大致为 $3\,350 \sim 8\,370 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,最大值出现在青藏高原的西南部,高达 $8\,370 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,最小值出现在四川盆地西南部和贵州北部,仅为 $3\,350 \sim 3\,768 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

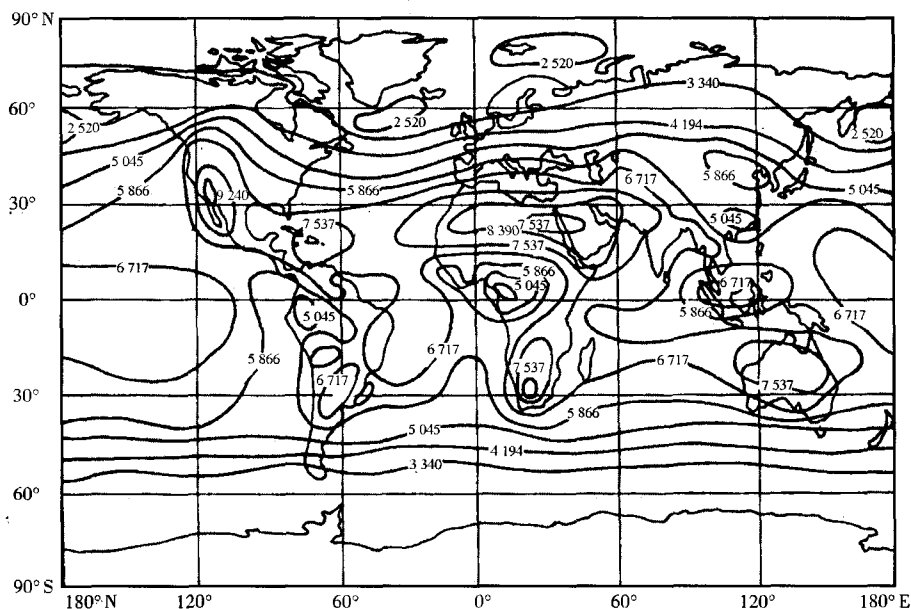


图 1.2 到达地表的太阳总辐射年平均值 [$\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]

(2) 辐射平衡

① 地面对太阳辐射的反射

到达地面的太阳总辐射不能完全被地面吸收,其中有一部分将会被地表反射。地面对太阳辐射的反射率主要受下垫面的颜色、湿度、粗糙度、不同植被、土壤性质及太阳高度角等因素影响。

陆地表面对太阳辐射的反射率约为 $10\% \sim 30\%$ 。其中深色土比浅色土反射能力小,粗糙土比平滑土反射能力小,潮湿土比干燥土反射能力小。雪面的反射率很大,约为 60% ,洁白的雪面甚至可达 90% (表 1.1)。水面的反射率随水的平静程度和太阳高度角的大小而变。当太阳高度角超过 60° 时,平静水面的反射率为

2%,高度角 30°时为 6%,10°时为 35%,5°时为 58%,2°时为 79.8%,1°时为 89.2%。对于波浪起伏的水面来说,其平均反射率为 10%。因此,总的说来,水面比陆面反射率稍小一些。

表 1.1 不同性质地面的反射率

地面	反射率/%	地面	反射率/%	地面	反射率/%
砂土	29~35	黑钙土(干)	14	干草地	29
黏土	20	黑钙土(湿)	8	小麦地	10~25
浅色土	22~32	耕地	14	新雪	84~95
深色土	10~15	绿草地	26	旧雪	46~60

由此可见,到达全球表面的太阳总辐射不仅受日地关系影响存在着时空变化,而且受地表性质影响导致各地能真正吸收的太阳辐射仍然有着很大时空差异,这是产生地表温度分布不均匀的重要原因之一。

②辐射平衡与能量平衡

地面和大气在吸收太阳短波辐射的同时,也按其本身的温度向外发射长波辐射。地面辐射和大气辐射总称为地球辐射,正是由于地球的长波辐射,使地面和大气之间及气层与气层之间相互交换着热量,并将一部分热量向宇宙散发。

地面放射的辐射与地面吸收的大气逆辐射之差,称为地面有效辐射。某段时间内,单位面积地表面所吸收的总辐射和其有效辐射之差称为地面净辐射(R_n),用地面辐射平衡公式表示:

$$R_n = (1 - \alpha)R_s + R_{LD} - R_{LU},$$

式中 R_s 为到达地面的太阳总辐射; α 为地面对太阳辐射的反射率; R_{LD} 和 R_{LU} 分别代表大气和地面长波辐射。

当地面吸收的太阳辐射和大气逆辐射大于地面发出的辐射时,地面净辐射 $R_n > 0$,地面将有热量积累;当地面因向外发射辐射而有热量亏损时, $R_n < 0$ 。

地面净辐射有明显的日变化和年变化。一般白天地面吸收的太阳辐射大于支出的辐射, R_n 为正值;夜间地面发出的辐射大于大气返回的辐射, R_n 为负值。地面净辐射的年变化一般夏季为正值,冬季为负值。全球各纬度绝大部分地区地面净辐射的年平均值都是正值,只有在高纬度和某些高山终年积雪的地区才是负值。就整个地球表面多年平均来说收入是大于支出的。

从全球地气系统多年平均辐射及能量平衡来看,地面净获得约 98 W/m^2 (相当于到达大气上界太阳辐射的全球平均值的 29%) 的辐射能,大气则净失去 29% 的辐射能。依此结果,根据地面和大气各自的热特性分析,地球将以每天 25°C 的速度增温,大气将以每天 1°C 的速度冷却。但实际地球表面并没有出现不断增温,大

气也没有出现慢慢冷却的现象。这是因为地面获得的 29% 的净辐射,通过感热和潜热方式传给大气、通过分子传导传给土壤。其中,通过感热传给大气和通过分子传导传给土壤的辐射能总量是 5%;通过蒸发、蒸腾,以潜热方式传给大气的辐射能是 24%。由此可见,水分蒸发(蒸腾)消耗了大部分地面净辐射能。这种关系可以用地表能量平衡公式表示:

$$R_n = H + LE + G$$

式中 H 为感热通量密度; LE 为潜热通量密度, G 为土壤热通量密度。

地面净辐射 R_n 决定着空气温度、土壤温度和下垫面水分的蒸发和蒸腾,也决定着露、雾、霜等天气现象的形成。所以,地面净辐射在天气、气候以及农田小气候的形成和变化中起着重要作用。有目的地改变地面净辐射,就可以改变和改善气候和小气候条件。

综上所述,地气系统作为一个系统其辐射差额正负抵消为零,说明地气系统与宇宙空间的辐射是平衡的;同时地面通过潜热、显热和土壤(海洋)热通量输送把获得的净辐射传输给大气,从而使地面和大气各作为一个整体而言,也都保持各自的能量平衡。

1.1.1.2 大气环流与洋流

大气环流和洋流对气候系统中热量和水汽的重新分配起着重要的作用。一方面,将低纬度的热量和水汽传输到高纬度,调节赤道与两极间的纬向水热平衡;另一方面,因大气环流方向和洋流冷暖的不同,使同一纬度带大陆东西岸产生明显的气温差异,调节海洋与陆地间的经向水热平衡。

(1) 大气环流

地球表面低纬度地区净辐射高于高纬度地区,由此形成了气温随纬度升高而降低的纬向地带性分布。这种热力差异产生的气压梯度力形成了由赤道上受热上升的空气自高空流向高纬,极地冷空气下沉从地面流向低纬的空气运动,假设地表是均匀的,在地转偏向力的作用下,就形成了理想的三圈环流(图

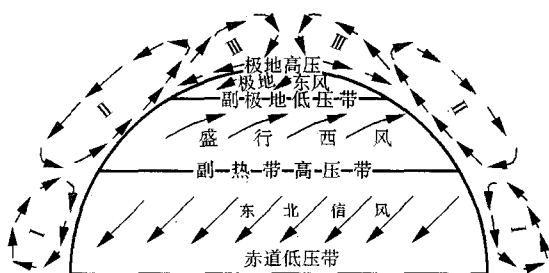


图 1.3 北半球的三圈环流

I 热带环流圈; II 中纬度环流圈; III 极地环流圈

1.3), 这种全球范围内呈纬向带状分布的气压带和风带,称为行星风系。实际观测到的地球表面上气压带和风带的纬向分布基本与之相应。在北半球从南到北分布对应赤道无风带、东北信风带、副热带无风带、盛行西风带和极地东风带。

信风带位于南北纬 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 附近。因为该区域多为海洋,风向、风力都很少改变,

每年应期而至,所以称信风。盛行西风带风向较稳定且风力强,极地东风带其厚度和强度都是冬季大于夏季。赤道低压带内因地面风很微弱,又称赤道无风带,其原因是:赤道无风带内东北信风和东南信风在赤道地区辐合所致。由于上升气流使当地对流旺盛,云量多,午后常有雷雨。而在副热带高压带内气流下沉辐散,水平气流沉寂,静风频率高,也称副热带无风带。因气流下沉,绝热增温,空气干燥,少云雨,世界上的大沙漠多在这一范围内。如非洲的撒哈拉大沙漠,阿拉伯半岛和北美西南部的沙漠等。这就是全球最热地区出现在回归线附近而不在赤道的原因。

行星风系存在于地表均匀一致的条件下。实际上由于海陆分布和地形条件的影响,使得大气环流比理想模式要复杂得多。如海陆分布的影响,由于海陆的热力差异,使得有规律分布的气压带和风带或被割裂或变形。位于 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 的副热带高压带,本来是连续的气压带。夏季在海洋上高压明显,而大陆上由于强烈增温,使之变成低压区。这样,副热带高压带被割裂了。在北半球的夏季,高压中心分别在太平洋的夏威夷群岛附近和大西洋的亚速尔群岛附近。低压区分别出现在印度和北美大陆。冬季大陆上为强大的冷高压控制,海洋上相对为低压区。在北半球,低压中心分别在冰岛附近和阿留申群岛附近,高压中心在西伯利亚或蒙古和加拿大。由于海陆热力差异而使完整的纬向气压带分裂成一个个范围较大的闭合的高、低压区,它们主宰着大气的活动和水热的交换,对天气和气候变化有重大影响,称之为大气活动中心。其中常年存在,只是强弱和势力范围有变化的,称为半永久活动中心。而只在一定季节才出现的,称为季节性活动中心。

北半球摩擦层中,高压系统的气流斜穿等压线从中心按顺时针旋转着向外辐散,低压系统的气流斜穿等压线按逆时针旋转着向中心辐合;自由大气中,高压系统空气沿等压线按顺时针方向流动,低压系统空气沿等压线按逆时针方向流动。而南半球摩擦层中,高压系统的气流斜穿等压线从中心按逆时针旋转着向外辐散,低压系统的气流斜穿等压线按顺时针旋转着向中心辐合;自由大气中,高压系统空气沿等压线按逆时针方向流动,低压系统空气沿等压线按顺时针方向流动。

同一地区的不同季节,由于受不同环流条件的影响,会出现截然不同的气候状况。例如:我国江淮地区冬半年受冬季风影响,气候寒冷干燥;而在夏半年受夏季风影响,气候湿热多雨。相反,同一种环流,由于受不同地区海陆分布的影响,也会形成不同的气候状况。例如:北半球低纬度地区,大陆东部(如我国东南沿海地区)受东北信风的影响,风从海洋吹来,降水量大;而大陆西部(如北非撒哈拉西部)同样受东北信风影响,但风从陆地吹来,降水稀少。大陆的东部和西部,虽然纬度相近,并且都邻近海洋,但因大气环流的性质发生变化,所形成的气候却大不相同。

大气环流既有稳定性又有易变性。在稳定的大气环流作用下气候趋于平均状态,对农业生产有利;在大气环流变异情况下会形成气候异常(如干旱、洪涝等),并