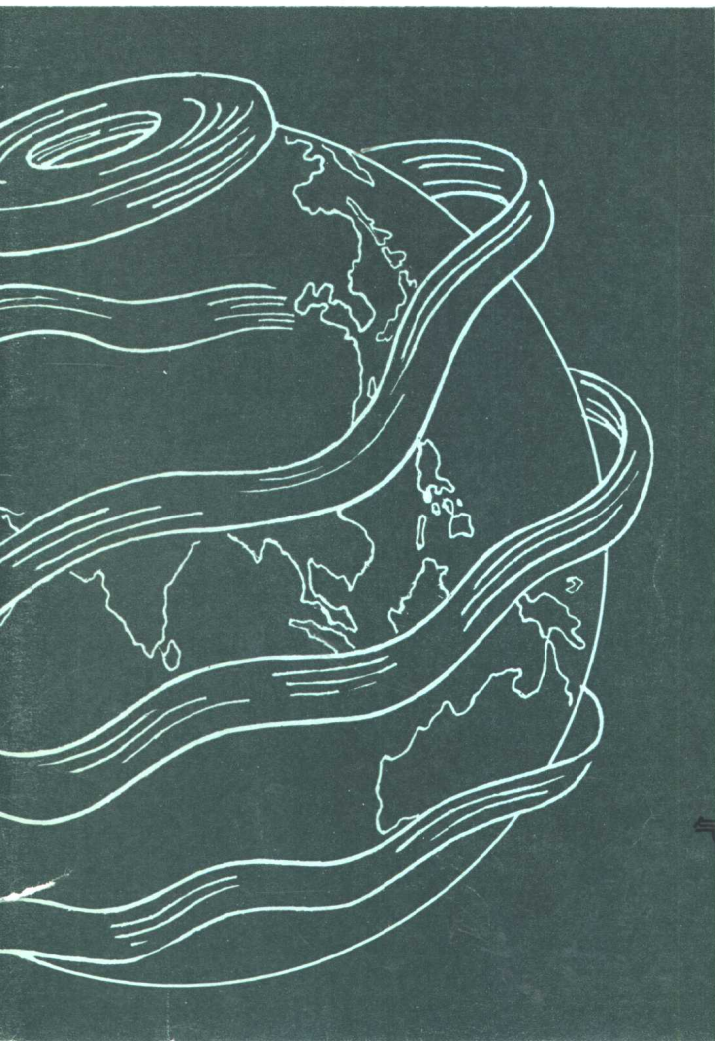


气象知识丛书



大气环流

气象出版社

大 气 环 流

袁 重 光

1795 9

542-610

5 2 1 2 3

AVI

气 象 出 版 社

内 容 简 介

大气是处在不停的运动中，它的运动状况决定着天气气候的变化。要了解天气气候的过去、现在和未来，必须首先了解大气环流。大气环流是怎样形成的？它的基本状态如何？有哪些特点和变化规律？如何进行模拟试验？本书以简练的文笔，深入浅出的手法，形象生动的插图，向广大读者介绍了有关的基本知识。

大 气 环 流

袁 重 光

责任编辑：史秀菊

气象出版社出版

（北京西郊白石桥路46号）

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

*

*

*

开本：787×1092 1/32 印张：2.625

字数：54千字

印数：1-10,000

1983年12月第一版

1983年12月第一次印刷

统一书号：13194·0151 定价：0.25元

出 版 前 言

在浩瀚的大气的海洋里，有着无穷的奥秘，需要人们去认识和探索；蕴藏着丰富的资源，可供我们去开发和利用。

为了帮助广大青年、中小学教师、气象爱好者以及各行各业的科技工作者，更好地认识大气的现象，了解天气变化的性质和规律，我们和中国气象学会决定共同组织出版一套《气象知识丛书》，通俗地、系统地介绍大气、气候、天气和应用气象等方面的基本理论和基础知识。本丛书共十八册，每册约五万字，分别介绍某一方面的内容；同时各册又相互配套，形成一个比较完整的系列。本丛书力求材料新颖、内容丰富，反映出八十年代气象科学的新水平。

本丛书计划于一九八五年底以前陆续出齐。我们把她奉献出来，希望能对迫切需要气象知识的广大读者，有所满足，有所裨益。

气象出版社

序 言

人类生活于大气之中，为了自身的生存和发展，一直在和大自然作种种斗争。自古以来，观测和研究大气现象，趋利避害，发展生产，一直是人类的一项重要工作。

十七世纪以前，人们依靠肉眼观察，对天气和气候现象积累了丰富的经验，但那时基本上还是处在定性的认识阶段。

自从温度表、气压表、风向风速仪以及毛发湿度表等测量仪器出现之后，气象的观测和研究开始进入了定量的阶段。近三、四十年来，随着科学技术的迅速发展，尤其是人造卫星和电子计算机引入气象学领域，使这门学科出现了飞跃。

气象科学的应用性很强。随着科学技术的发展，人们对大气现象的认识越来越深刻，对它的利用也越来越广泛，目前几乎已深入到国民经济的各行各业。

现代化农业的发展，除有关农业技术等学科外，离不开长、中、短期天气预报；现代化的农业区划也离不开对气候的研究。

大型工业等产生着大量对人类有害的气体 and 微粒。如何把这些气体排放在无害或危害最小的地方，就得有效地利用气象条件。许多工业、建筑、交通都需要利用气象参数进行设计，例如工厂车间的采暖通风，建筑物的风雪荷载，以及水库、大坝、铁路、公路、桥梁的建筑规模等等。

各种军事活动通常要有一定的气象条件作保障。航海、航空与气象条件的关系更为密切。

综上所述，气象科学对生产、生活十分重要，可以预料，

随着我国四化建设的发展，各行各业将对气象科学提出越来越高的要求。

气象出版社和中国气象学会共同组织编辑出版的《气象知识丛书》，系统地介绍了气象科学各分支的基本理论和基础知识，有助于满足广大读者在四化建设中对气象知识的需求。

当然，这套丛书不可能涉及到气象学的所有分支，还只能着重介绍对我国当前四化建设急需的气象知识。我相信，这套丛书的出版，对具有初中以上文化程度的青年、业余气象爱好者、中小学教师、农村和工厂的干部和技术人员将会有所帮助。我希望，今后能继续出版更多的气象科普书籍，为广大读者，特别是为青年们，提供更为丰富的精神食粮。

叶笃正

一九八三年五月七日

目 录

序言

- 一 大气环流研究史话……………(1)
 - 什么叫大气环流 (1) 从郑和下西洋说起 (1) 哈得来环流圈 (3) 对哈得来理论的修正 (5) 大气环流理论研究什么内容 (10)
- 二 大气环流的基本状态……………(12)
 - 介绍几个常用的单位和名词 (12) 请先看一张云图 (18) 大气的垂直分层和温度 (19) 半永久性活动中心 (22) 东风带和西风带 (24) 西风急流和东风急流 (26) 槽和脊 (29) 冷锋、暖锋和高空锋区 (34)
- 三 东亚大气环流……………(38)
 - 东北季风和西南季风 (38) 青藏高原的阻塞作用 (40) 东亚大槽 (45) 赤道辐合带 (46)
- 四 大气环流的形成和维持……………(47)
 - 大气运动的能源——太阳 (47) 大气中各种形式的能量 (49) 西风带和西风急流是怎样维持的 (53) 地球变大些会怎么样 (56) 如果地球转得更快 (59) 假定地球表面全是海洋 (66)
- 五 大气环流的模拟……………(69)
 - 大气环流转盘试验 (70) 在电子计算机上模拟大气运动 (72)
- 结束语……………(74)



一 大气环流研究史话

什么叫大气环流

大气环绕着地球的运动状况称为大气环流。

在大气的运动中，有一些现象范围很小，如一朵云中的气流变化，范围只有几公里；而有的现象，范围却大到几千公里。有些现象生命短促，只有几小时，但有些现象则长达几个月。大范围、长时间的大气运动现象，构成了大气运行的基本状态，也是大气环流研究的主要课题。

大气环流的研究开始得较早，但是大气环流一词的含义不是一开始就很明确的，直至二十世纪四十年代后才逐渐丰富、明确起来，发展成一个系统而完整的学科。

近二十年来，随着探测技术的进步、气象卫星的应用，观测资料迅速增多，促使对整个空间大气运动状态和特性的研究更趋深入。现代气象科学的许多领域，如气候形成、气候变迁、中期和长期天气预报、大范围灾害性天气……都离不开对大气环流的研究。一些重大的经济建设活动和环境活动，也与大气环流的研究有着密切的关系。

从郑和下西洋说起

公元1405年冬，江苏太仓县海边的一个港湾里，一队商船出发了。强劲的东北风鼓满了船上的白帆，船队在大海上

向南破浪驶去。这便是历史上著名的三宝太监郑和下西洋。

“西洋”，就是现在加里曼丹至非洲之间的这一片广大海洋。郑和组织领导了七次这样的远航，先后到过现在中南半岛的越南、泰国、缅甸、印度、阿富汗，最远到过非洲东岸的马达加斯加岛。郑和下西洋比哥伦布航海发现新大陆（1492年）早了近一百年。

1784年瓦特发明蒸汽机，又过了二十多年才用于推进船舶航行，在此之前，海上往来主要靠风。如果从我国东南沿海直至非洲这一广阔地区没有强大而持久的东北风，郑和率领庞大船队七下西洋，在当时的技术条件下是无法实现的。



图 1 郑和下西洋

图 2 表明冬季南亚地区近地面层空气流动情况。图上箭头线表示空气流向，冬季的绝大部分时间里风就顺着这些线吹去。从图上可以看到：赤道到北纬25度之间都是吹东北风，这种风叫做“东北信风”，又称“贸易风”。当年郑和是“北风航海南风回”，当外交、贸易活动结束后，船队又顺着这一地区夏季盛行的西南风回国。

哥伦布横渡大西洋发现美洲，也是依靠大西洋上的东北风才得以成功的。

航海家们冒险的成功，生产活动的需要，唤起了人们对

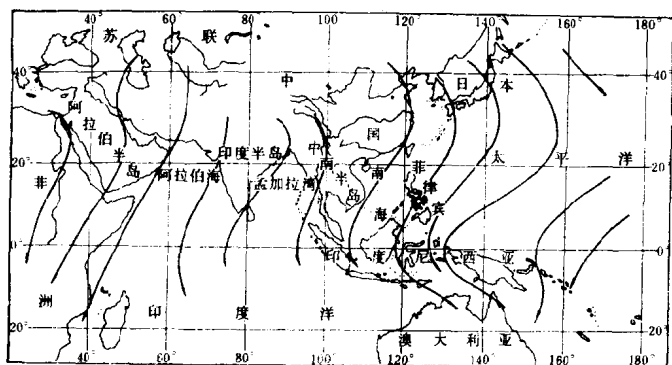


图 2 南亚地区冬季地面层空气流动情况

未知海洋上风兴趣。人们提出过不少理论，企图解释东北风，进而推测出未知海面上风的情况。这样，大气环流的研究就逐渐开始了。

哈得来环流圈

十九世纪以前，没有系统的风的观测资料，特别是海洋上的观测资料十分缺乏，而渔业、航海贸易和海军活动又都十分需要系统的风的知识。因此，人们试图利用当时仅有的风的知识，提出一种理论，以解释低纬度海洋上的东北风，从而推断出整个地球上风的分布情况。

1735年，英国人哈得来提出了一个设想：太阳的热能以辐射方式传到地球，空气受热，温度升高。赤道两侧地区终年受到太阳的直射，得到的热量多。两极附近，太阳终年斜射，得到的热量很少。因此，赤道两侧的空气受热而上升，极地的空气冷却而下沉。在北半球，赤道附近的空气上升到高空后向北吹，到北极附近下沉，然后又从地面上向南吹，

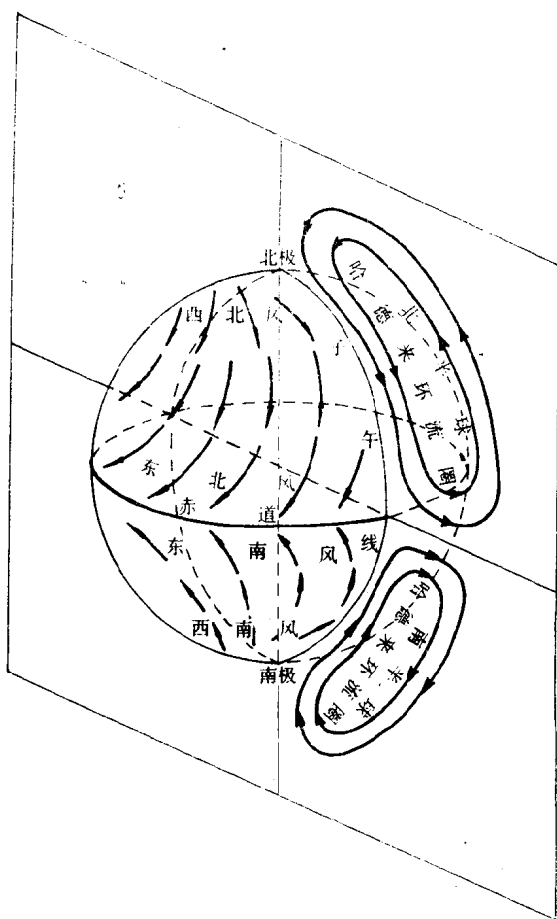


图 3 哈得来环流圈示意图

再回到赤道附近，于是形成了一个闭合流动圈。南半球则与北半球的空气流动方向相反（图3）。

哈得来认为：空气质点在南北方向运动时，能够保持其绝对速度不变，即赤道附近空气质点的绝对速度最大，极地最小。因此，空气在高层由赤道流向极地时产生西风；在地面上，空气由极地流向赤道时，西风则逐渐减小，最后变成东风。所以低纬度地面上盛吹东北风。

哈得来所说的绝对速度，就是指空气质点随着地球自转一起自西向东运动的速度。赤道处的转动半径最大，绝对速度也最大；纬度愈高，则转动半径愈小，在纬度60度处的转动半径只有赤道处的一半。因而赤道处的空气向极地移动，相对于地球表面来说就逐渐产生了西风。

由此，哈得来推断出一个全球各处风的分布：在北半球地面上，低纬度吹东北风，到中纬度吹北风，再向北则吹西北风；南半球地面上，低纬度是东南风，中纬度是南风，高纬度是西南风（见图3）。

哈得来提出的这个环流圈理论，直到十九世纪初人们还是深信不疑的。后来虽然观测资料不断增多，人们对哈得来的理论作了不少修正，但是在赤道到纬度30度之间，确实存在着一个这样的环流圈。人们为了纪念他，就把这个环流圈叫做“哈得来环流圈”。

对哈得来理论的修正

按照哈得来提出的绝对速度守恒的观点进行计算，低纬度地区地面上的东风应当比实际观测到的大得多，哈得来把这归之于地面摩擦的拖曳作用使得风速减小。

直到十九世纪中叶，法国数学家科里奥利发现：质点在

运动时，要受到地球自转产生的作用力的影响。这种力后来就叫做科里奥利力，简称科氏力或偏向力，它可以定量地解释低纬度东风的大小。当空气质点由北往南运动时，在低纬度产生东风的作用力是科氏力，而不是什么绝对速度守恒。

科氏力的方向与物体运动方向相垂直（见图4）。在北半球，科氏力指向运动方向的右侧，在南半球指向运动方向的左侧。所以，北半球低纬度地面上是东北风，南半球低纬度地面上是东南风。

科氏力的大小同两个因素有关。一与物体本身的运动速度成正比。物体静止时，科氏力为零。二与物体所在地理纬度的正弦成正比。同样运动速度的物体，在赤道上所受的科

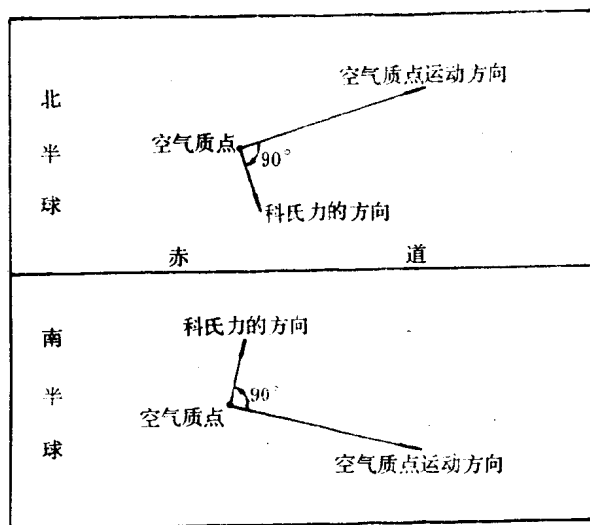


图4 科氏力示意图

氏力为零，但在两极所受的科氏力最大。

我们在参观天文馆时，可看到一种叫佛科摆的仪器：摆锤来回运动的平面会发生顺时针方向的转动（24小时转360度），用以证明地球在自转，其原因就是自转产生了科氏力。请看图5：一支校正完善的步枪精确地瞄准了靶心，可是弹着点却偏了。如果枪口离靶一公里，子弹飞行一秒钟到靶，那末偏差将有10.3厘米（在纬度为45度时的情况）。射击距离愈远，偏差愈大。这个偏差就是受科氏力影响产生的。人们平常所说的落体偏东，也就是科氏力作用的结果。

十九世纪以来，随着观测资料的日益增多，人们开始对

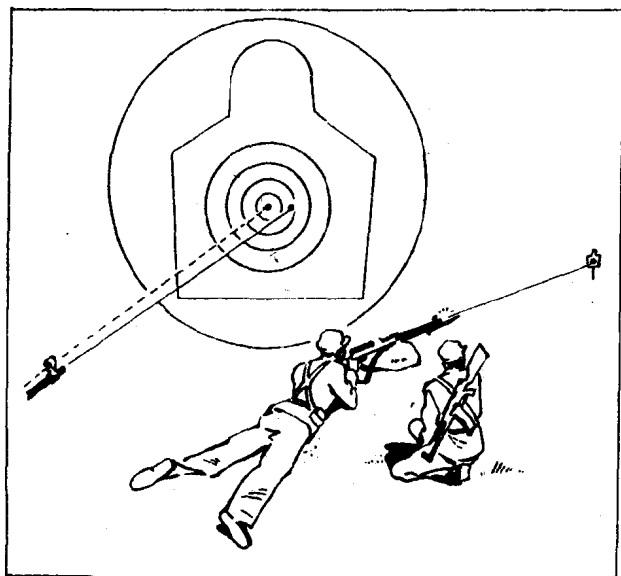


图 5 弹着点偏移

哈得来的理论产生了怀疑。由观测资料证实：在北半球中纬度地面上吹的是西南风，不是象哈得来所推想的是西北风；中纬度高空吹的是偏北风而不是偏南风。因此，一些气象工作者先后对哈得来理论提出了修正，试图满足这些新的观测事实。

1941年，美国气象学家罗斯贝综合了各种方案，并根据大量的观测事实和研究成果，提出了一个三圈的环流模型。罗斯贝的三圈环流模型如图7所示：在北半球，赤道到北纬30度之间，有一个流动方向与哈得来理论相一致的环流圈，

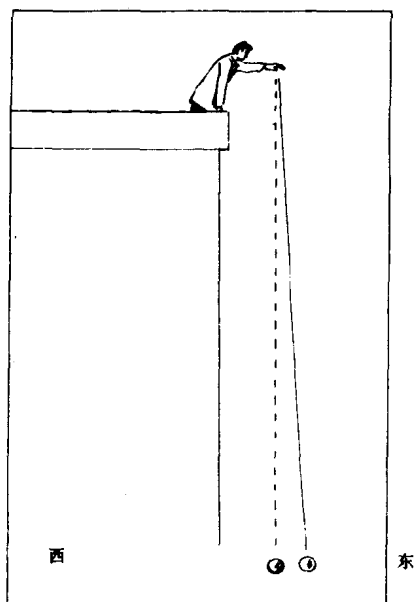


图 6 落体偏东

这个圈就沿用过去的名称叫哈得来环流圈。30度到60度间的中纬度地区,则有一个流动方向与哈得来理论相反的环流圈,在高纬度又有一个与低纬度类似的环流圈。风的分布在地面上是,低纬度吹东北风,中纬度吹西南风,高纬度又吹东北风。南半球和北半球相对称。

从图7的环流圈上可以看到:赤道两侧的气流是上升的,这里是地球上云、雨最多的地带;30度附近的气流是下沉的,这一地带少雨而干旱,主要的沙漠地带就分布在这里;60度附近的气流又是上升的,这是第二个云、雨较多的地带。这个理论模型与近代的大气环流理论,以及大量观测资料所得的结果,基本上是一致的。

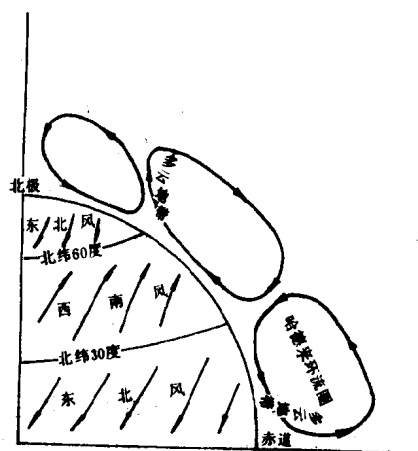


图7 罗斯贝的三圈环流模型

大气环流理论研究什么内容

从哈得来开始的研究工作，在相当长的一个时期内，只是定性地讨论了地球上大气总的流动情况。但是，作为一种近代的科学理论，不能只停留在定性描述与实际的观测资料相符合上。它还必须能够说明这样的运动状况是如何产生和维持的，究竟受什么样的物理过程所支配，一些物理量如动能、位能、热量……等之间是如何相互转化和平衡的；并且，在数量上也要与大气的观测资料相符合。因而近代大气环流理论研究的内容十分广泛，它与天气预报、气候变迁以及国民经济的许多重大问题关系密切。目前，各国气象学家都十分重视大气环流的研究。

现在，大气环流理论研究的主要内容，有以下几方面：

1. 控制大气环流的物理因子。大气的运动状态，千百年来几乎没有什么变化。是什么作用使得大气维持这样的运动状况呢？从外界作用于大气的因子，有太阳辐射、地球自转、地球表面水陆分布不均匀、地球的体积，以及大气本身的垂直厚度和水平范围。大气环流理论研究的一个重要内容，就是研究这些因子在形成和维持大气运动中的作用，以及它们通过什么物理过程影响大气的运动。

大气的运动状态，大体上年年如此。但逐年又有一些小的差别，造成了年与年之间的气候差异。上面说到的那些因子，在相当长的历史时期内是没有变化的，那末又是什么作用使大气的运动状态产生了差别？这是近年来大气环流理论研究十分关注的问题。

2. 地球上的某些地区经常有高气压在那里活动，另一些