

◆图文并茂◆热门主题◆创意新颖◆



走进大自然丛书

自然界的物质循环

本书编写组◎编

ZIRANJIE DE WUZHI XUNHUAN



本书是一部有关大自然方面的科普图书，内容丰富有趣，语言通俗易懂，并配有精美插图，是广大青少年认识自然、感知大自然神奇力量的必读手册。



中国出版集团
世界图书出版公司



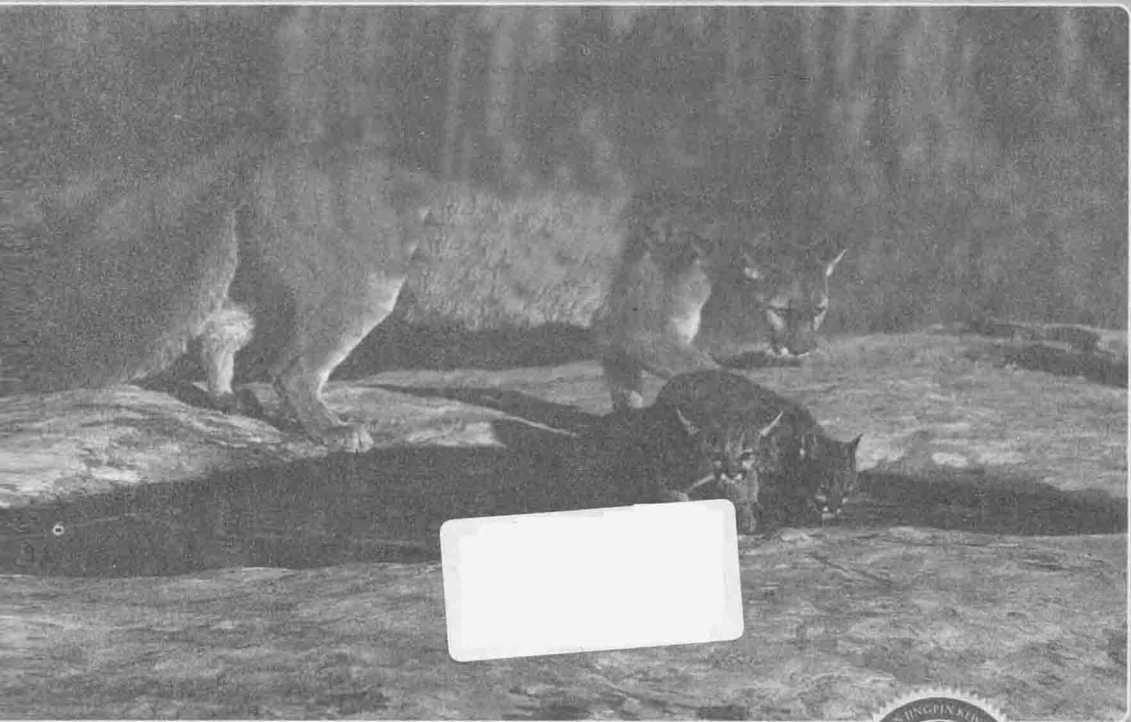
◆图文并茂◆热门主题◆创意新颖◆



走进大自然丛书

自然界的物质循环

ZIRANJIE DE WUZHI XUNHUAN



本书是一部有关大自然方面的科普图书，内容丰富有趣，语言通俗易懂，并配有精美插图，是广大青少年认识自然、感知大自然神奇力量的必读手册。



世界图书出版公司
广州·上海·西安·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

自然界的物质循环 / 《自然界的物质循环》编写组
编. — 广州 : 广东世界图书出版公司, 2010. 4

ISBN 978 - 7 - 5100 - 1605 - 9

I. ①自… II. ①自… III. ①自然科学 - 青少年读物
IV. ①N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 049960 号

自然界的物质循环

责任编辑: 康琬娟

责任技编: 刘上锦 余坤泽

出版发行: 广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)

电 话: (020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E - mail: pub@ gdst. com. cn, edksy@ sina. com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京楠萍印刷有限公司

(通州区潞城镇七级工业大院 邮编: 101117)

版 次: 2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

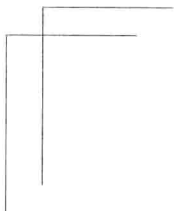
开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

书 号: ISBN 978 - 7 - 5100 - 1605 - 9/Q · 0030

定 价: 25.80 元

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。



前 言

自然界是由许多物质组成的，如：大气、水、岩石和土壤等。这些物质并不是简单汇集在一起，或在空间的偶然结合，而是通过大气循环、水循环、碳循环和地质循环等一系列地表物质的运动和能量的交换，彼此之间发生密切的相互联系和相互作用，从而在地球表面形成了一个特殊的自然综合体。它们是一个不可分割的整体。自然界中的生命体，究其根本，也是由物质和能构成的。

物质循环在我们赖以生存的地球上是不可或缺的，生物体也必须依赖环境中的生活资源而得以持续发展。物质在地球上实际是不灭的，只是在生物及非生物世界中流转、举水为例来说，水明显地存在于河、海、湖泊当中，亦经蒸发而进入大气。部分植物体可以利用大气中的水，但大部分的植物体则利用下雨降至地表的水。地表水存在于土壤中，为植物体的根所吸收，然后进入植物体；植物活体的蒸散作用，及其遗体经细菌分解的结果，使水离开植物体。动物体用消化器官将水吸收入体内，以进行其代谢活动；而动物体的排泄作用，及其遗体经细菌分解的结果，使水返回水圈。自然界中的其他元素也有循环。总之，在物质循环中，绿色植物和细菌、真菌，通过吸收、合成、分解、释放，互为依存，互为矛盾统一，促进了自然界中的物质不断运动。

自然界中有各种物质循环，其中绿色植物和非绿色植物起着非常重要的作用，如碳的循环，绿色植物在光合作用中吸收了空气中的二氧化碳，



转变成糖类有机物构成植物、动物躯体、细菌、真菌等，把动植物尸体，排泄物等有机物分解时，又把碳以二氧化碳的形式释放出来。动植物呼吸、物质燃烧、火山爆发所释放的二氧化碳，又可供绿色植物利用，形成了自然界碳的相对平衡。

在自然界中，生物和非生物的成分之间，也是通过不断的物质循环而互相作用，互相依存的统一整体，构成了生态系统。如果生态系统受到外界的压力和冲击太大，就会引起生态系统的崩溃，导致生物种类和数量的减少。人类的生产活动强烈地干扰着自然生态系统的平衡和改变其面貌。人类的合理开发自然，能促进生态系统的发展；如果不合理开发，常导致森林毁灭、水土流失、水源枯竭、草原荒废、河流干涸、土地沙漠化、盐渍化，野生动植物趋于绝灭等，这样的开发，在获得一定“成功”之后，必然遭到自然界的报复，而得到更大惨败的结果。

为了使读者朋友了解这神秘的物质循环世界，编者分别从大气循环、水循环、地壳物质循环、碳循环等方面具体讲述了自然界的这些物质是怎样循环的。



目 录

Contents

大气循环		水循环的动力	132
大气循环概述	1	影响水循环的因素	134
大气层	3	水量平衡	136
大气环流	6	地壳物质循环	
大气运动的成因	7	地壳物质循环概述	138
大气运动的形式	9	地壳的形成	138
地表的空气运动——风	11	地壳运动概述	140
水循环		地壳运动的分类	141
地球——水的王国	29	地壳运动的遗迹	143
水的自然界形态	32	地壳运动的学说	145
水的运输管道——河流	57	地壳运动的产物火山	146
地球上的固体水库——冰川	72	地壳内部物质岩浆及岩浆	
无形的海洋——地下水	81	作用	156
水的驿站——湖泊	94	板块构造及其运动	165
水的家园——海洋	103	变质作用	168
水循环概述	111	碳循环	
水是怎样循环的	112	碳循环概述	176
水循环的类型	131	碳循环的过程	177
形成水循环的原因	132	碳质岩石的形成和分解	177



自然界中的物质循环◆◆◆

人类活动对碳循环的干预	178	氮循环	198
光合作用	178	氨循环	200
呼吸作用	190	硫循环	200
食物链	192	磷循环	201
其他化学物质的循环			
氧循环	196		



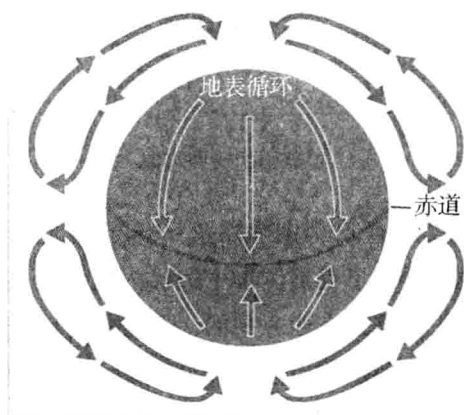
大气循环

大气循环概述

1

大气循环是空气围绕地球表面的运动。它是由于地球表面的不均匀受热，扰乱了大气的平衡，导致了空气运动和大气压力的改变而引起的。由于地球有弯曲的表面，它绕倾斜的轴旋转，同时也绕太阳进行轨道运动，地球的靠近赤道区域比极地区域从太阳接收到更多的热量。所有这些因素都会影响太阳照射地球某一地面的时间长度和角度。

在一般的循环理论中，低压区域存在于近赤道地区，高压区域存在于近极地地区，原因是温度的差异。阳光的加热导致空气的密度降低，从而在近赤道地区上升。作为结果的低压使得极地的高压空气沿地球表面向赤道区域流动。当温暖的空气流向极地时，它会变冷，变得更加稠密，进而下沉回到地面（如图）。

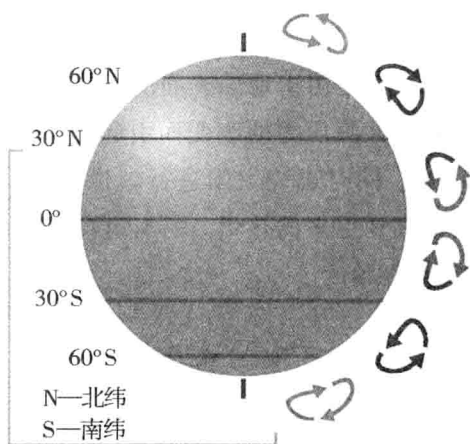


理论上的大气循环

这个空气循环模式在理论上是正确的，然而，空气循环被几个力改变了，最为重要的是地球的自转。

地球自转产生的力称为科里奥利力（简称为地球自转偏向力）。这个力在我们走动时是无法感觉得到的，因为相对于地球自转的尺度和速度我们行进的速度很慢，行进的距离也相当的短。然而，它会明显的影响移动很大距离的物体，例如一个气团或者水体。地球自转偏向力在北半球使得空气向右偏转，导致它沿着弯曲的路线前进而不是直线。偏转的程度根据纬度的不同而变化。在极地是最大的，而在赤道降低为零。地球自转偏向力的大小也随运动物体的速度而不同，速度越快，偏转的越大。在北半球，地球的自转使运动的空气向右偏转，而且改变了空气的总体循环模式。

地球的自转速度导致每个半球上整体的气流分开成 3 个明显的气流单元（如图）。



实际中的大气循环

在北半球，赤道地区的暖空气从地表向上升起，向北流动，同时因地球的自转而向东转向。当它前进到从赤道到北极距离的 1/3 时，它不再向北流动，而是向东流动。这时空气会在大约北纬 30 度的带状区域变冷下降，导致它向地表下降的区域成为一个高压区域。然后它沿着地表向南回流向赤道。地球自转偏向力使得气流向右偏转，因此在北纬 30 度至赤道之间产生了东北方向的信风。类似的力产生了

30 度 ~ 60 度范围内以及 60 度至极地地区的围绕地球的循环单元。这个循环模式导致了在美国本土边界内的西风盛行。（美国本土和墨西哥以及加拿大的边界都是东西方向的，所在纬度区域流行西风。）

循环模式由于季节变化，大陆和海洋的表面差异以及其他因素而变得更加复杂。

地球表面的地形产生的摩擦力改变了大气中空气的运动。从距离地表的 600 米内，地表和大气之间的摩擦力使流动的空气变慢。因为摩擦力减小



了地球自转偏向力使得风从它的路径转向。这就是为什么在地表的风向稍微不同于地表之上上千米高度的风向的原因。

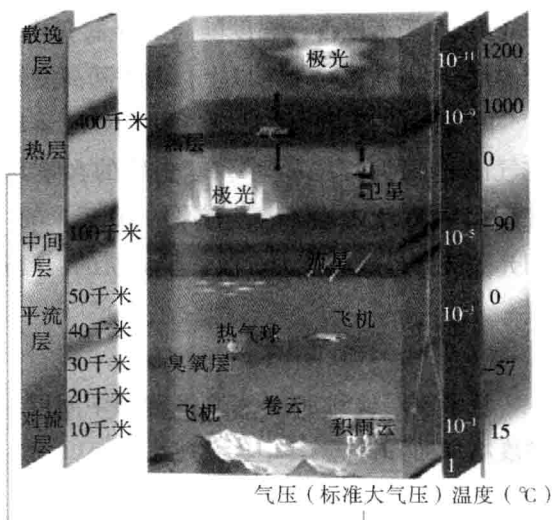
大气层

大气层又叫大气圈，地球就被这一层很厚的大气层包围着。大气层的成分主要有氮气、氧气、氩气，还有少量的二氧化碳、稀有气体（氦气、氖气、氩气、氙气、氡气）和水蒸气。大气层的空气密度随高度而减小，越高空气越稀薄。大气层的厚度大约在 1000 千米以上，但没有明显的界限。整个大气层随高度不同表现出不同的特点，可分为对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层。

大气层的结构

大气层的结构是指包围在地球表面并随地球旋转的空气层。它不仅是维持生物生命所必需的物质，而且参与地球表面的各种循环过程，如水循环、化学和物理风化、陆地上和海洋中的光合作用及腐败作用等。

地表大气平均压力为 1 个大气压，相当于每平方厘米地球表面包围 1034 克空气。地球总表面积为 510100934 平方千米，所以大气总质量约为 5.2×10^{15} 吨，相当于地球质量的 10^{-6} 倍。大气随高度的增加而逐渐稀薄，50% 的质量集中在 30 千米以下的范围内。高度 100 千米以上，空气的质量仅是整个大气圈质量的百万分之一。按气温垂直分布对



大气层的结构



大气分层（热分层），可以分为以下5层：

对流层

对流层是大气的最低层，其厚度随纬度和季节而变化。在赤道附近为16~18千米；在中纬度地区为10~12千米，两极附近为8~9千米。夏季较厚，冬季较薄。这一层的显著特点：一是气温随高度升高而递减，大约每上升100米，温度降低0.6℃。由于贴近地面的空气受地面发射出来的热量的影响而膨胀上升，上面冷空气下降，故在垂直方向上形成强烈的对流，对流层也正是因此而得名；二是密度大，大气总质量的3/4以上集中在此层。在对流层中，因受地表的影响不同，又可分为两层。在1~2千米以下，受地表的机械、热力作用强烈，通称摩擦层，或边界层，亦称低层大气，排入大气的污染物绝大部分活动在此层。在1~2千米以上，受地表影响变小，称为自由大气层，主要天气过程如雨、雪、雹的形成均出现在此层。对流层和人类的关系最密切。

平流层

穿越大气层从对流层顶到约50千米的大气层为平流层。在平流层下层，即30~35千米以下，温度随高度降低变化较小，气温趋于稳定，所以又称同温层。在30~35千米以上，温度随高度升高而升高。

平流层的特点：一是空气没有对流运动，平流运动占显著优势；二是空气比下层稀薄得多，水汽、尘埃的含量甚微，很少出现天气现象；三是高15~35千米范围内，有厚约20千米的一层臭氧层，因臭氧具有吸收太阳短波紫外线的的能力，故使平流层的温度升高。

中间层

从平流层顶到80千米高度称为中间层。这一层空气更为稀薄，温度随高度增加而降低。

热层

80~500千米称为热层。这一层温度随高度增加而迅速增加，层内温度



很高，昼夜变化很大，热层下部尚有少量的水分存在，因此偶尔会出现银白并微带青色的夜光云。

散逸层

热层以上的大气层称为散逸层。这层空气在太阳紫外线和宇宙射线的作用下，大部分分子发生电离；使质子的含量大大超过中性氢原子的含量。散逸层空气极为稀薄，其密度几乎与太空密度相同，故又常称为外大气层。由于空气受地心引力极小，气体及微粒可以从这层飞出地球致力场进入太空。散逸层是地球大气的最外层，该层的上界在哪里还没有一致的看法。实际上地球大气与星际空间并没有截然的界限。散逸层的温度随高度增加而略有增加。

大气层的压力

太空层气压是单位面积上受到周围气体垂直加诸于其上的力量，他取决于行星的重力和在地区上组合的空气柱的总质量。根据国际认可的标准大气气压单位定义是 101325 帕。

大气压力因为在一个地点之上的气体质量会随着高度减少而降低，气压随高度下降的因素为数学上的 e （无理数，其近似值为 2.71828），称为高度标度，并以 H 来表示。对一个温度均匀一致的大气层，高度标度与温度成正比，并且与行星的重力加速度成上干燥空气的分子质量成反比。像这种模式的大气层，随着高度的增加，压力成指数的下降。但是，大气层的温度是不均匀的，所以要精确的测量某一特定高度的压力是很复杂的。

大气层—逃逸

大气层表面重力，维系大气层的力量，在行星中是极不相同的。例如，巨大的行星木星有着非常大的重力，能够保留住在较低的重力下会逃逸的氢和氦这种轻的气体。其次，与太阳的距离确定可以用来加热大气的能量，能否加热气体使分子的热运动超出行星的逃逸速度——气体分子克服行星重力掌握所需的速度。因此，遥远和寒冷的泰坦和冥王星尽管重力相



对较低，但仍能保有它们的大气层。理论上，星际行星也许也能保有厚实的大气层。

因为气体在任何的特定温度下都有大范围的分子移动速度，所以总是会有一些气体缓慢的渗漏至太空中。具有相同动能的气体，轻的气体运动的速度比重的气体快，因此分子量较低的气体流失的比那些分子量较重的气体更快。这被认为是金星和火星会失去它们的水的原因，因为当它们的水受到来自太阳的紫外线光解成为氢和氧之后，氢会逃逸而去。地球的磁场协助阻挡了会使氢加速逃逸的太阳风，然而，在过去的 30 亿年，地球也许经由在极区的极光活动，损失了包括氧在内的 2% 大气层。

其他也会造成大气损耗的机制是太阳风，包括飞溅、撞击侵蚀、天气、和隐藏——“有时是指结冰”——进入风化层和极冠。

大气环流

大气环流是指大气大范围运动的状态。某一大范围的地区（如欧亚地区、半球、全球），某一大气层次（如对流层、平流层、中层、整个大气圈）在一个长时期（如月、季、年、多年）的大气运动的平均状态或某一个时段（如一周、梅雨期间）的大气运动的变化过程都可以称为大气环流。

大气环流是完成地球大气系统角动量、热量和水分的输送和平衡，以及各种能量间的相互转换的重要机制，又同时是这些物理量输送、平衡和转换的重要结果。因此，研究大气环流的特征及其形成、维持、变化和作用，掌握其演变规律，不仅是人类认识自然的不可少的重要组成部分，而且还将有利于改进和提高天气预报的准确率，有利于探索全球气候变化，以及更有效地利用气候资源。大气环流通常包含平均纬向环流、平均水平环流和平均径圈环流 3 部分。

1. 平均纬向环流。指大气盛行的以极地为中心并绕其旋转的纬向气流，这是大气环流的最基本的状态，就对流层平均纬向环流而言，低纬度地区盛行东风，称为东风带（由于地球的旋转，北半球多为东北信风，南半球多为东南信风，故又称为信风带）；中高纬度地区盛行西风，称为西风带



(其强度随高度增大, 在对流层顶附近达到极大值, 称为西风急流); 极地还有浅薄的弱东风, 称为极地东风带。

2. 平均水平环流。指在中高纬度的水平面上盛行的叠加在平均纬向环流上的波状气流 (又称平均槽脊), 通常北半球冬季为 3 个波, 夏季为 4 个波, 三波与四波之间的转换表征季节变化。

3. 平均径圈环流。指在南北—垂直方向的剖面上, 由大气经向运动和垂直运动所构成的运动状态。通常, 对流层的径圈环流存在 3 个圈: 低纬度是正环流或直接环流 (气流在赤道上升, 高空向北, 中低纬下沉, 低空向南), 又称为哈得来环流; 中纬度是反环流或间接环流 (中低纬气流下沉, 低空向北, 中高纬上升, 高空向南), 又称为费雷尔环流; 极地是弱的正环流 (极地下沉, 低空向南, 高纬上升, 高空向北)。

大气运动的成因

大气为什么会运动呢? 主要是受力不均所致。水往低处流, 是水受到重力作用的缘故。空气和水一样, 也受到重力的作用。但是空气和水有一个重大差别: 在日常温度变化的范围内, 水的密度变化是很小的, 所以它有一个界面, 界面不同部分如果有了高低差, 重力即使高处的水流向低处, 直到界面达到“水平”为止; 空气却不一样, 它的密度可以有很大的差别, 也没有一个明显的界面, 而是从地面向太空逐渐稀薄。尽管空气的密度比水小得多, 但在大气中任何一个平面上都能感受到气压的存在。大气运动的形成主要有以下 3 种原因:

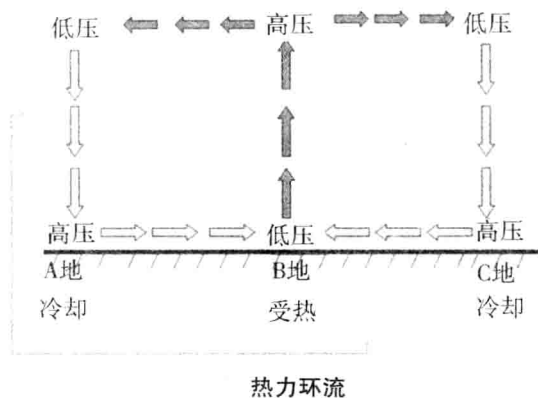
1. 气压梯度力的作用

世界各地的气压无时无刻不在变化着, 但海平面上的气压却基本维持在 100 千帕上下, 一般在 100 千帕以上。在大气中离地面越高气压越低, 从 100 千帕面往上到 90 千帕, 垂直距离约为 1 千米, 由于空气密度越向上越小, 同样相差 10 千帕, 越向上垂直距离就越大。大气中各处的温度不一样, 空气的密度就有大有小, 所以在空中任何一个平面上, 气压分布有高有低, 空气由气压大的地方流向气压小的地方。

气压差越大,空气流动越快。如果把单位距离的气压差叫做气压梯度,那么气流的方向应同气压梯度平行,速度则与气压梯度成正比。气压的差异引起了大气的运动,风就是大气运动的表现。

2. 热力环流的作用

由于空气柱温度不同,高层和低层大气的气压分布可以有显著的差异。下图表示了冷热不均对各高度气压分布的影响。由于在冷的地方空气密度大,在热的地方空气密度小,所以在同样的气压差的情况下,例如从1000百帕到850百帕间,所占的垂直距离则不一样;在 0°C 的地方,距离约为1550米,在 26°C 的地方,距离约为1770米,相差达220米之多。因此,冷的地区尽管地面气压很高,但是气压向上减低得比温暖地区要快得多。到了一定的高度后,它就不再是高压区了,而是低压区了。



气流是由高压区流向低压区的。故在地面气压由冷区流往暖区,而到高空则由暖区流往冷区。这种情况叫“热力对流”,即温度不同产生压力不同,压力不同产生的气流也就不同,最后形成“对流”。这种情况和水的热对流十分相似。

3. 地转偏向力的作用

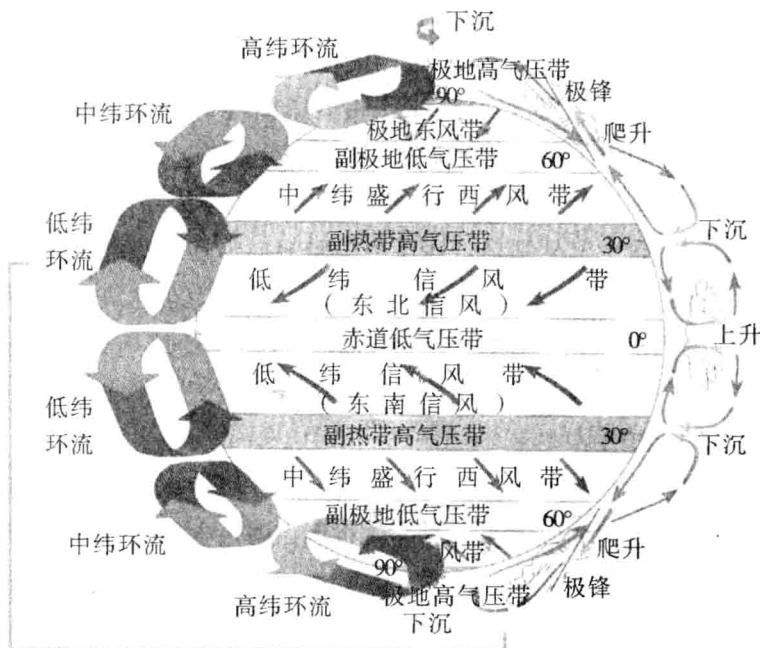
在研究空气的运动时,还要考虑地球的自转。地球的自转能够对在球面上运动的流体产生很大的作用,这个力叫地转偏向力,也叫科氏力。这种力量同流体运动的速度成正比。地转偏向力不能改变空气运动的速度,但却可能改变运动的方向,在北半球使空气偏向运动的右侧,在南半球则使其偏向左侧。

在北半球,河流的右岸受到流水较多的冲刷,就是由于地转偏向力作用于流水的运动的结果。空气由于受到地转偏向力的影响,也发生同河流流水相似的向右偏转,但气流没有象河水一样有河岸的约束,地转偏向力

的作用更为显著。在高层大气里摩擦力很小，空气的运动就只是气压梯度力和地转偏向力两个力平衡的结果。

大气运动的形式

大气运动理论上是三圈环流的形式：



全球大气性环流

一、单圈环流

假设地球表面是均匀一致的，并且没有地球自转运动，即空气的运动既无摩擦力，又无地转偏向力的作用。那么赤道地区空气受热膨胀上升，极地空气冷却收缩下沉，赤道上空某一高度的气压高于极地上空某一相似高度的气压。在水平气压梯度力的作用下，赤道高空的空气极地上空流去，赤道上空气柱质量减小，使赤道地面气压降低而形成低气压区，称为赤道低压；极地上空有空气流入，地面气压升高而形成高气压区，称为极地高压。于是在低层就产生了自极地流向赤道的气流补充了

赤道上空流出的空气质量，这样就形成了赤道与极地之间一个闭合的大气环流，这种经圈环流称为单圈环流。

事实上地球时刻不停地自转着，假使地表面是均匀的，但由于空气流动时会受到地转偏向力的作用，环流变得复杂起来。

二、三圈环流

赤道上受热上升的空气自高空流向高纬，起初受地转偏向力的作用很小，空气基本上是顺着气压梯度力的方向沿经圈运行的。随着纬度的增加，地转偏向力作用逐渐增大，气流就逐渐向纬圈方向偏转，到北纬 30 度附近，地转偏向力增大到与气压梯度力相等，这时在北半球的气流几乎成沿纬圈方向的西风，它阻碍气流向极地流动。故气流在北纬 30 度上空堆积并下沉，使低层产生一个高压带，称为副热带高压带，赤道则因空气上升形成赤道低压带，这就导致空气从副热带高压带分别流向赤道和高纬地区。其中流向赤道的气流，受地转偏向力的影响，在北半球成为东北风，在南半球成为东南风，分别称为东北信风和东南信风。这两支信风到赤道附近辐合，补偿了赤道上空流出的空气，于是热带地区上下层气流构成了第一环流圈（Ⅰ），称信风环流圈或热带环流圈。

极地寒冷、空气密度大，地面气压高，形成极地高压带。在北半球空气从极地高压区流出并向右偏转成为偏东风，副热带高压带流出的气流北上时亦向右偏转，成为中纬度低层的偏西风。这两支气流在北纬 60 度附近汇合，暖空气被冷空气抬升，从高空分别流向极地和副热带。在纬度北纬 60 度附近，由于气流流出，低层形成副极地低压带。流向极地的气流与下层从极地流向低纬的气流构成极地环流圈，这是第二环流圈（Ⅱ）；自高空流向副热带处的气流与地面由副热带高压带向高纬流动的气流构成中纬度环流圈，这是第三环流圈（Ⅲ）。只受太阳辐射和地球自转影响所形成的环流圈，称为三圈环流。它是大气环流的理想模式。

由于下垫面条件不同，三圈环流的模式被打破，形成季风、海陆风、山谷风、焚风和峡谷风等。

所有这些运动，都是大气运动。