

天气学基础知识

(训练班试用教材)

湖南省气象局编印

一九七六年九月

毛主席语录

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

抗大的教育方针是：坚定正确的政治方向，艰苦朴素的工作作风，灵活机动的战略战术。

你们学自然科学的，要学会用辩证法。

自然科学是人们争取自由的一种武装。……人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

目 录

第 一 章 气压场和气压系统

第一节 气压、气压场的概念.....	1
第二节 气压场及其表示法.....	6
附录一 气压场的分析.....	14

第 二 章 气团和锋

第一节 气团.....	20
第二节 锋的概念及分类.....	23
第三节 锋附近的要素场.....	26
第四节 锋面天气.....	29
第五节 华南静止锋.....	33
附录二 锋面分析的基本知识.....	38

第 三 章 西风带槽脊活动

第一节 西风槽概况.....	41
第二节 西风带大型天气系统.....	42
第三节 影响我国的几种西风带短波槽.....	45
第四节 江淮切变线.....	48
第五节 西南涡.....	51

第 四 章 气旋与反气旋

第一节 气旋与反气旋的一般概念.....	56
第二节 江淮气旋和热低压.....	58
第三节 冷性反气旋.....	63
第四节 变性冷高压.....	65

第 五 章 付热带高压和台风

第一节 付热带高压.....68

第二节 台风与东风波.....74

第 六 章 我省重要天气过程简介

第一节 春播期低温阴雨和连晴天气.....83

第二节 暴雨.....90

第三节 冰冻.....94

天气学基础知识

第一章 气压场和气压系统

天气的演变在很大程度上决定于空气的运动。而空气的运动与气压场有密切的关系。毛主席教导我们：“唯物辩证法的宇宙观主张从事物的内部，从一事物与它事物的关系去研究事物的发展。”因此，掌握气压在空间的分布和随时间的变化的基本规律，是研究空气运动和天气变化的途径。

第一节 气压、气压场的概念

一、气压的概念：

地球周围包围着一层厚厚的大气，大气是有重量的。单位面积上大气柱的重量称为大气压强，简称气压。气压也就是大气柱在单位面积上所施加的压力。

为证明大气有压力存在的事实，可以做一个试验。如图 1—1

用一根长约一米，一端封闭的玻璃管，先将管内装满水银，把管内的空气赶出再用手指堵住管口，把玻璃管倒立在水银槽里，然后移开手指，管内水银就开始下降，降到一定程度就不再下降了。为什么不再下降呢？这是因为包围在地球周围的空气具有压力，作用于槽内水银面上，使水银柱不再下降。槽内水银柱的重量就等于大气的压力。

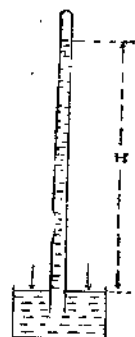


图1-1 大气压力

气压的单位有毫米和毫巴两种；以水银柱高度来表示气压高低的单位，用毫米（mm）。例如气压为 760 毫米，就是表示当时的大气压强与 760 毫米高度水银柱所产生的压强相等。另一种是毫巴。它是用单位面积上所受大气柱压力大小来表示气压高低的单位。

$$1 \text{ 毫巴} = 10^3 \text{ 达因}^*/\text{厘米}^2 \quad (1 \text{ 巴} = 1000 \text{ 毫巴})$$

气象学上将北纬 45° 的海平面上，温度为 0°C 时，760 毫米水银柱高的大气压强称为一个标准大气压。

根据公式

$$P = \rho gh \quad (P \text{ 为气压, } \rho \text{ 是水银柱密度, } g \text{ 是重力加速度, } h \text{ 是水银柱的高度})$$

* 达因：力的单位，使 1 克质量物体产生 1 厘米/秒² 的加速度的力称为 1 达因。

可将气压的这两种单位进行换算：

$$P = 13.596 \text{克/厘米}^3 \times 980.6 \text{厘米/秒}^2 \times 76 \text{厘米} = 1013250 \text{达因/厘米}^2 = 1013.250 \text{毫巴}$$

所以 1 毫巴 $\approx \frac{3}{4}$ 毫米水银柱高 = 0.75 毫米水银柱高

1 毫米水银柱高 $\approx \frac{4}{3}$ 毫巴 = 1.333 毫巴

二、气压的变化

气压在某一地点，随着时间的不同，是经常变化的。气压的变化，实质上是该地上空空气柱质量减少或增多的反映。但是，地球上空大气的总量是一定的。如果某地上空的空气柱质量增多，另一地区上空的空气柱质量必然减少，所以，各地气压的变化，实质上是大气质量在地球上不断重新分布的结果。

(一) 气压变化的原因

前面说到，某地气压的变化，实质上是大气质量不断重新分布的结果，这种不断的重新分布，是由于以下几种原因造成的：

1. 空气的水平输送作用：图 1—2_A 和图 1—2_B 表示某相邻两地上空空气柱质量不同的情况，图中A地的气压高于B地的气压，即A地空气柱质量大于B地空气柱质量，因此，A地的空气就会流向B地，其结果是A地气压降低，B地气压升高。另外，当不同性质的气团移动时，由于空气密度不同，气压也是不同的，如果移到某地的气团比原来的气团密度大，则该地上空气柱的质量就会增高，反之，则该地气压降低。例如，在我国大陆上，当冬季有强烈的冷空气南下时，所经之处，地面气压均有上升现象，其主要原因就在于此。

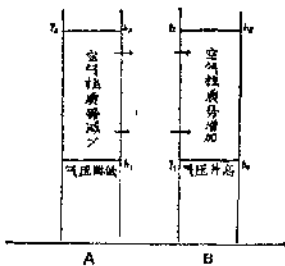


图1—2 空气的水平输送作用

2. 水平气流的辐合和辐散：图 1—3_{a—d} 表示，各处空气的流向和流速是不一致的，有时方向相同，但快慢不一，有时快慢相同，但方向不同。图1—3_{a、c}就是空气从中心向四周流去，使中心空气的质量减少，这种现象称为水平气流的辐散。相反，在图中1—3_{b、c}是四周的空气流向中心，使中心空气质量增加，这种现象称为水平气流的辐合。

水平气流的辐散、辐合作用，对气压变化的影响一般说来，凡上空气流是辐散的，其上空气柱质量因空气流出而减少，气压降低；上空气流是辐合的，其上空气柱质量因空气流入而增多，气压升高。上述情况是就整个上空都是辐散或辐合而言的。但实际情况并不是这样的，由于高度不同，辐散、辐合的分布是比较复杂的，有时上层辐合，下层辐散，有时上层辐散，下层辐合。有时在不同高度、不同地点辐散、辐合的

分布更为复杂。所以，某地气压的变化，要根据上空气流是辐合占优势，还是辐散占优势来确定。

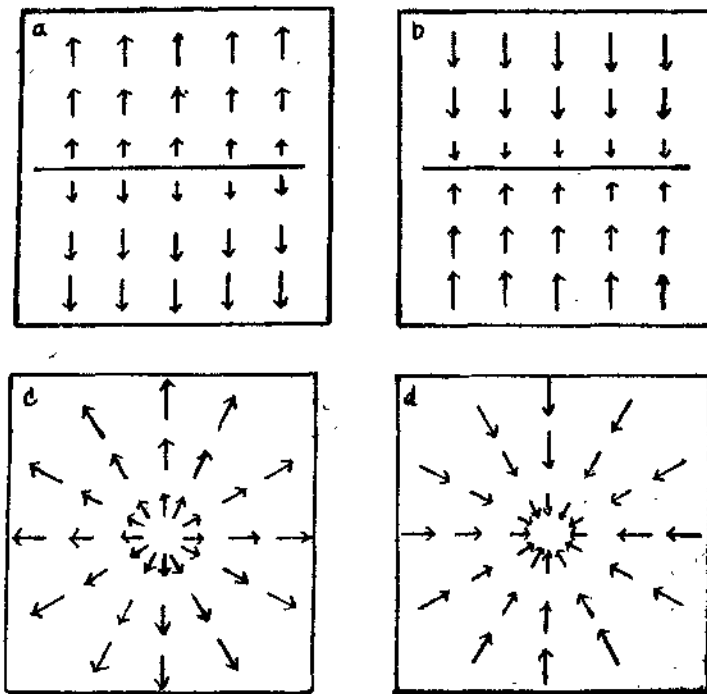


图 1—3 水平气流的辐散和辐合

箭头方向表示空气运动的方向 箭头长短表示空气运动的速度

3. 空气的垂直运动：如图1—4所示，当空气无垂直运动时，位于 A、B、C 三地上空某一高度上 a、b、c 三点的气压均为 P。如果 B 地空气有上升运动，由于空气质量由下向上输送，b 点的气压必然升高；如果 C 地空气有下降运动，C 点的气压必然降低。

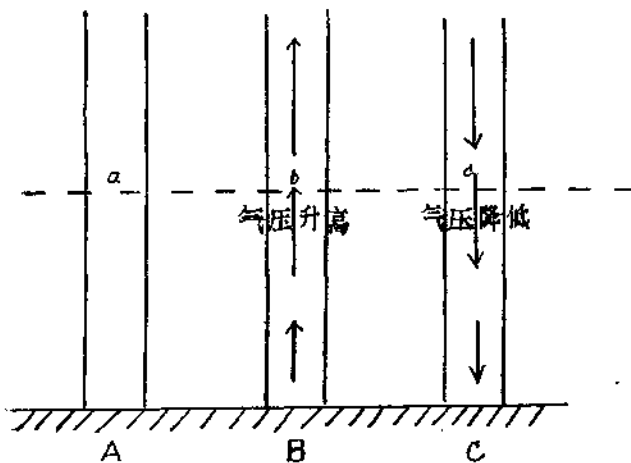


图 1—4. 空气的垂直运动和气压变化的关系

由于存在上述三种空气运动形式，造成气压随时间的变化，但实际上这三种运动形式并不是单独存在，而是综合作用的结果，它们之间是既互相联系，又相互制约着的。如图 1—5A 所示，在上层有水平气流的辐合，下层有水平气流的辐散，就必然会有空气从上层向下层补偿，因而出现

空气的下降运动。反之，就会出现空气的上升运动。同理，在出现空气垂直运动的区域，也会在上层和下层出现水平气流的辐合、辐散。如图 1—5B。另外，空气的热力作用，也能引起气压的日变化。所以我们在研究气压变化的时候，也要把引起气压变化的各种因素联系起来，全面地加以分析研究，“用全力找出它的主要矛盾”，这样才可能有正确的结论。

(二) 气压的周期变化和非周期变化：

分析某地的气压随时间变化，我们可以发现，存在着周期变化和非周期变化这样两种情况：

周期性变化：

是指气压有规律的变化。从多年资料

平均可以看出气压的日变化、年变化。气压日变化在一天内可出现两个高值和两个低值。地区不同，气压的最高值和最低值的差值也不同，一般是热带最大，越向两极，日变化越小。气压的年变化，在大陆上，平均气压冬季比夏季高；在海洋上则恰好相反。

非周期变化：

由于高、低气压的移动与发展所引起的气压变化，叫非周期变化。气压的非周期变化，对我们正确分析判断气压系统的移动和发展趋势，作出准确的天气预报，很有意义。

然而在日常预报工作中使用的三小时变压（天气图上常用）和六小时变压（单站要素曲线图常用），都同时包含了日变化和非周期变化，有时日变化很突出，有时非周期变化很明显，这就要求我们去伪存真，在考虑三小时或六小时变压时去掉日变化的影响，以反映出气压系统变化的真实情况。在天气预报中常作24小时变压，为的是去掉日变化的影响。

三、气压随高度的变化

前面说过，某一地点的气压等于该地单位面积上承受的空气柱总重量。显然，自地面向上，高度愈高，压在上面的空气柱愈短，气压也就愈低，所以，对于任何一个地点来说，气压是随高度的增加而降低的。

气压随高度递减的快慢程度是不一致的。例如，如图 1—6a 所示，同一气柱中，从高度 Z_1 到 Z_2 和从高度 Z_2 到 Z_3 ，都是减短同样长度的气柱，但是由于低层空气密度比高层大，所减短的气柱重量也比高层大，所以低层气压降低值 ΔP_1 比高层气压降低值 ΔP_2 要大。

又如图 1—6b 所示，两个横截面积相同，密度不同的气柱中，分别从 Z_1 高度上升到 Z^2 ，

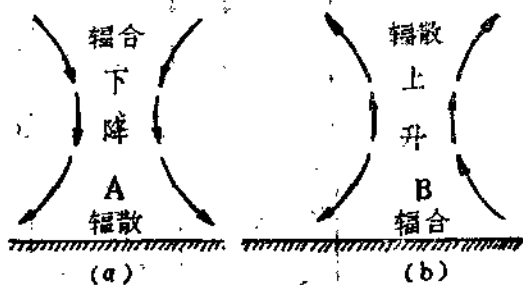


图 1—5 水平气流的辐合、辐散是和垂直运动互相联系着的

由于A气柱密度比B气柱大，所减短的气柱a比气柱b重，所以，A气柱中的气压降低得多，而B气柱气压降低得少，即 ΔP_1 大于 ΔP_2 。

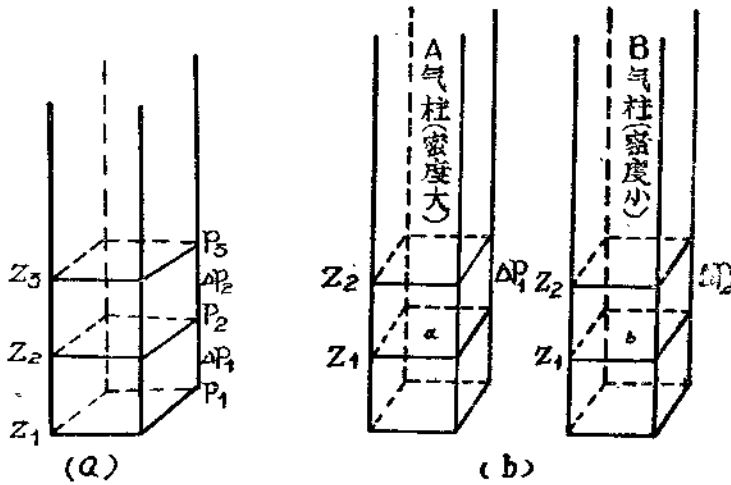


图1—6 空气密度愈大，气压随高度递减得愈快

为了定量地确定气压随高度变化的快慢与空气密度之间的关系，有必要作以下的推算和讨论。

设有横截面积为一平方厘米的薄气柱，如图1——7。分析其在垂直方向上受力的情况可知：除了重力 W 之外，还在顶部和底部分别受到压力的作用。由于薄气柱顶部压力小于底部压力，上下压力差 ΔP 的方向是垂直向上的。

在实际大气中，除了在山区或者是当有强烈的对流运动的时候以外，空气的垂直加速度都是很小的，因而，大气可以近似地认为处于静力平衡状态，也就是说，薄气柱在垂直方向上所受的合力为零：

$$\Delta P = -W$$

式中负号表示两个力的方向相反。

由于气柱所受的重力是它体积 ($\Delta Z \times 1$)，密度 (ρ) 和重力加速度 (g) 的乘积，故上式可写成：

$$\Delta P = -\rho g \Delta z \quad (1-1)$$

上式称为静力学方程。如将 (1-1) 式两边同除以 $-\Delta Z$ ，则得：

$$-\frac{\Delta P}{\Delta Z} = \rho g \quad (1-2)$$

式中 $-\frac{\Delta P}{\Delta Z}$ 表示每上升单位高度，气压下降的数值，称为单位高度气压差，或称为垂直

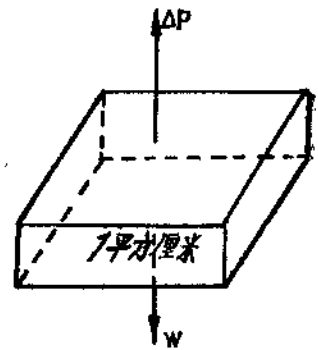


图1—7 垂直方向上作用于薄气柱的力

气压梯度。

重力加速度随高度的变化是很小的。从(1—2)式可以看出,气压随高度改变的快慢,主要决定于空气密度的大小。当减短同一长度的气柱时,在密度大的气柱中,气压的减低值大一些,反之,气压的减低值小一些。

第二节 气压场及其表示法

气压在空间的分布称为气压场,可以用等压线和等压面来表示气压在空间分布的情况。

一、等压面形势图

空间中气压相等的点所组成的面称为等压面。

由于同一高度上各地的气压不可能是一样的,因此等压面不是一个水平面,而是一个起伏不平的曲面。也就是说,在某一等压面上,各点的气压值是相等的,但高度值不一定都相等。如图1—8所示,在空间某一等压面上,任取A、B、C三点,气压相等,即 $P_A = P_B = P_C$,但是它们相对于海平面的高度却是不等的,即:

$$H_A > H_B > H_C$$

一般我们用等压面的高度来表示等压面的形势。

下面,我们进一步说明等压面的高低表示什么意思。

在图1—8上取某一水平面H来观察,在这个水平面上取与A、B、C相对应的A'、B'、C'三点,这三点高

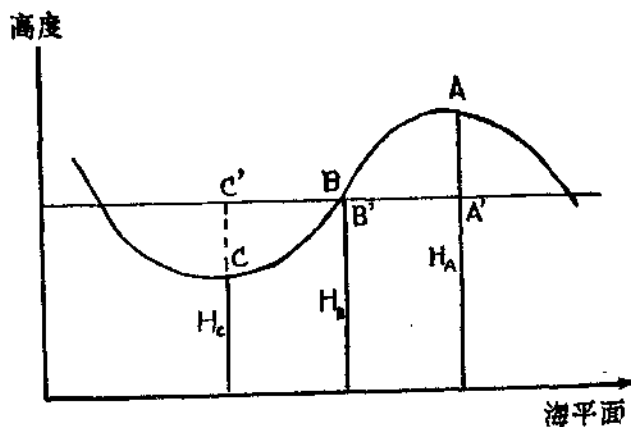


图1—8 等压面各处的高度

度相同,但气压不等。A'的气压等于A点的气压加AA'气柱的重量,C'的气压等于C点的气压减去CC'气柱的重量,而B'的气压就等于B点的气压。可见A'点的气压最高,B'点次之,C'点最低。由此可见,等压面的高度越高时(如A点)则对应在水面上的气压也越高(如A'点),反之,等压面的高度越低时(如C点)则对应在水面上的气压也愈低(如C'点)。因此,很明显,等压面上的高值区,对应的就是高压区,低值区对应的就是低压区。

为了能在一张平面图上表示出等压面的高低形势,我们采用与地形表示法相同的办法,即以间隔相等的一组等高面,与某一等压面相截,然后将这些截线投影到一个水平面上,即

得到某一等压面的绝对形势图。如图1—9

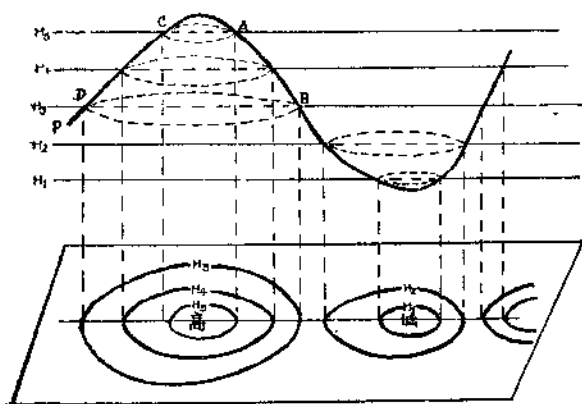


图 1—9 等压面形势图

在实际工作中，等压面形势图是填上某一等压面上各测站的高度，然后分析等高线而得到的。

另外，等压面形势图上等高线的疏密情况，还表示了等压面的倾斜程度。从图1—9可以看出，等压面倾斜程度较缓的地方（如AB），等高线就稀疏，等压面较陡的地方（如CD）等高线较密集。

由以上讨论可知，等压面上等高线的

分布，既表示了等压面的起伏形势，也表示了该等压面附近的气压场分布。

在日常预报业务中常使用的等压面形势图有：

850mb等压面图（AT850图）——约1500米附近

700mb等压面图（AT700图）——约3000米附近

500mb等压面图（AT500图）——约5500米附近

二、等高面形势图

除了用等压面的起伏状况来表示气压场而外，还可以采用同一等高面上气压分布的状况来描述气压场。选一个水平面（等高面）使它与一组间隔相等的等压面相截，此时所得的截线即为等高面上的等压线。如图1—10。

通常我们采用海平面作为上述的等高面。在实际工作中，我们将同一时刻各测站的海平面气压填在图上，然后分析等压线，即可得到海平面气压形势图。

三、位势与位势高度

在等压面图的分析中，我们采用等高线来描述气压场的状况，但这里等高线所表示的高度，并非一般的海拔高度，而是位势高度。

所谓位势，就是将单位质量的空气，从海平面提升到某一高度克服重力所作的功。称为重力位势，简称位

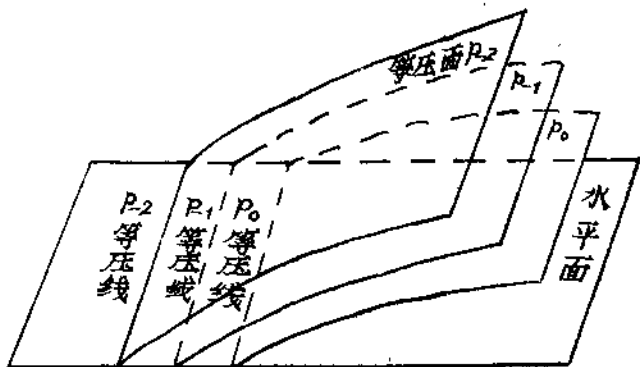


图 1—10 水平面上的等压线

势。

根据位势的定义可知：

$$\Phi = mgz = gz$$

其中 Φ ——重力位势 m 为质量，在这里取 $m = 1$ ，

g 为重力加速度 z 为上升高度。

显然， Φ 与 z 是成比例的，提升的高度越高，所要作的功越多。我们将 Φ 除以 9.8 则有

$$H = \frac{\Phi}{9.8} = \frac{g}{9.8}z$$

我们称 H 为位势米，因为 $g \approx 9.8$ ，所以

$$H \approx Z$$

也就是说，位势高度和几何高度是相近的（当然其物理意义是不同的）。

采用位势米来做高度的单位，主要是为了实际工作和科学研究的方便。

四、常见的几种气压型式

气压系统的种类虽然是很多的，但归纳起来有如下几种：

（一）低压

在等高面图上，低压是指有闭合等压线，且中心气压较四周为低的气压区。在等压面图上则是指有闭合等高线，且中心高度较四周为低的气压区。如图1—11其空间等压面的形状是下凹的。且从流场特点来看，低压区的气流在北半球是呈逆时针旋转的，故低压也称为气旋。

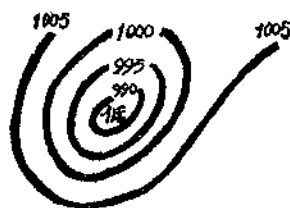


图 1—11 低 压

（二）高压：

在等高面图上，高压是指有闭合等压线，且中心气压较四周为高的气压区。在等压面图上，则是指有闭合等高线，且中心高度较四周为高的气压区。如图

1—12，其空间等压面的形状为

上凸的，且从流场特点来看，高压区的气流在北半球是顺时针旋转的，故高压也称反气旋。

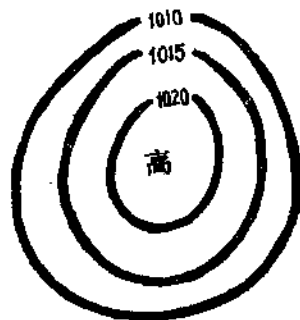


图 1—12 高 压

（三）低压槽

低压槽是指低压区边缘向外某一方伸出的狭长部分，其等压（高）线呈气旋式弯曲。等压（高）线气旋式弯曲最大的点的连线，称为槽线，如图1—13

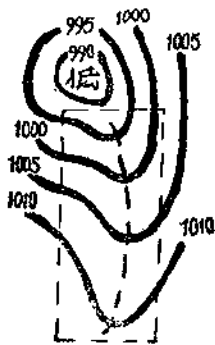


图 1—13 低压槽

槽线附近的气压较两侧低,且槽线两侧的气流有明显的变化。

(四) 高压脊

高压脊是指高压区边缘向外某一方向伸出的狭长部分,其等压(高)线呈反气旋式弯曲。等压(高)线反气旋式弯曲最大的点的连线,称为脊线,如图 1—14

脊线附近的气压较两侧为高,脊线两侧的气流亦有明显的变化。

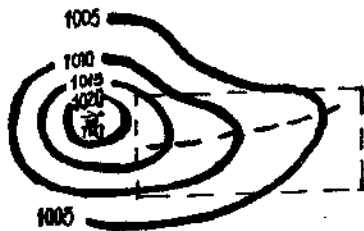


图 1—14 高压脊

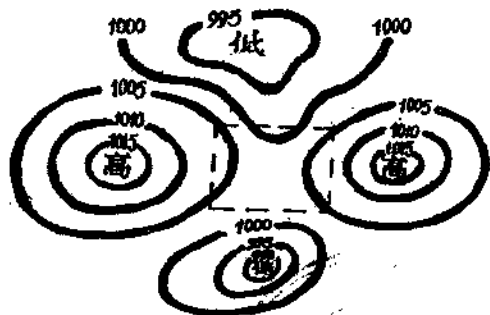


图 1—15 鞍形场

(五) 鞍形场

鞍形场是指两个高压与两个低压之间的气压区,如图 1—15。其空间等压面的形状像马鞍,故称鞍形场。鞍形场的气压梯度非常小。

二、气压系统的空间结构

为了研究气压系统的空间结构,首先必须了解气压随高度的变化规律。我们知道,气压总是随着高度的升高而降低的,但降低的快慢却不是一致的。从静力学方程可知:

$$\Delta p = -\rho g \Delta Z$$

$$\text{即 } -\frac{\Delta P}{\Delta Z} = \rho g$$

也就是说,气压随高度降低的快慢,主要决定于空气的密度 ρ ,空气密度小时,气压随高度的降低就慢,空气密度大时,气压随高度的降低就快,由于一般来讲,冷区密度较暖区密度要大,所以在冷区气压随高度降低得快,而在暖区气压随高度降低得慢。毛主席教导我们:“按照唯物辩证法的观点,自然界的变化,主要地是由于自然界内部矛盾的发展。”大气中气压随高度的变化,与空气本身的温度分布有很大关系,因此,我们讨论气压系统随高度变化,主要应抓住气压场和温度场配置关系这一矛盾进行分析。为使问题简化,一般我们将

温度场的特征作为矛盾的主要方面，由此决定气压系统空间分布的特点。但在某些特殊情况下，气压系统的强度，也会起决定性的作用。

根据气压系统中温度分布的特点，可将气压系统结构分成两类，即温压场对称系统和温压场不对称系统。现在分别讨论其空间结构：

(一) 温压场对称系统

1、深厚的高压和低压

深厚的高压和低压，是指在500 mb等压面图上，仍维持闭合等高线的地面高压和低压系统。它们一般是暖高压和冷低压。即在温度场上的暖（冷）中心，与气压场上的高（低）中心基本上重合，亦即高压中心对应暖中心，低压中心对应冷中心。由于暖区气压值随高度降低比冷区慢，因此，暖高压中心气压值随高度降低比四周慢，以致从地面向上，中心气压始终比四周高，直到500 mb都能分析出闭合等高线，如付热带高压即属此类。与此相反，冷

低压中心气压值随高度降低比四周快，以致从地面向上，中心气压始终比四周低，直到高空500 mb都能分析出闭合等高线，如温带气旋发展到后期的情况即属此类。如图1—16、图1—17所示。

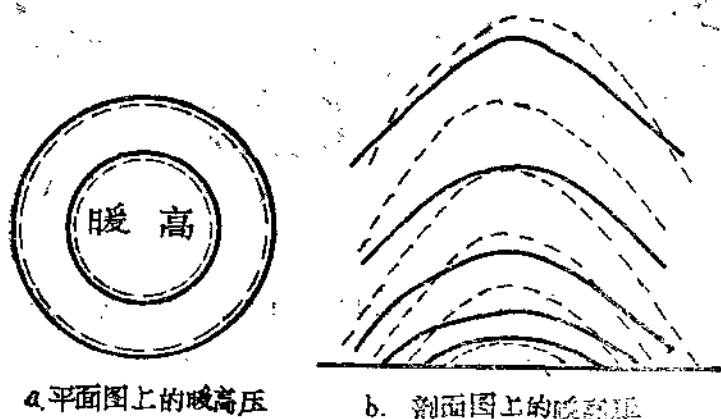


图 1—16 暖高压

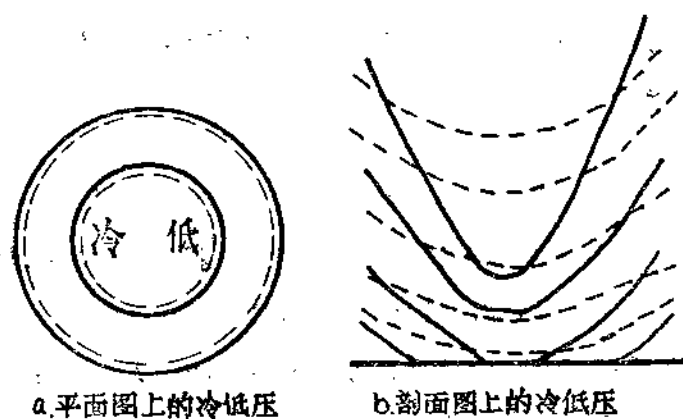


图 1—17 冷低压

2、浅薄的高压和低压

浅薄的高压和低压，是指地面图上，有闭合的高、低压中心，到500 mb图上已消失，或变成相反性质的气压系统。它们一般是冷高压和暖低压。冷高压是

中心气压高而温度低的气压系统，这种系统，中心气压值随高度降低比四周快，所以凸起来的等高面，愈向上愈平，再向上如温度场仍不变时，即会出现与低层相反的气压系统，即变成低压。暖低压则由于中心气压值随高度降低比四周较慢，所以凹下去的等压面愈往上愈平。再向上如温度分布不变，等压面就要凸起来，出现与低压相反的系统，即高压。我国大陆地区出现的热低压即属此类。如图1—18、1—19所示。

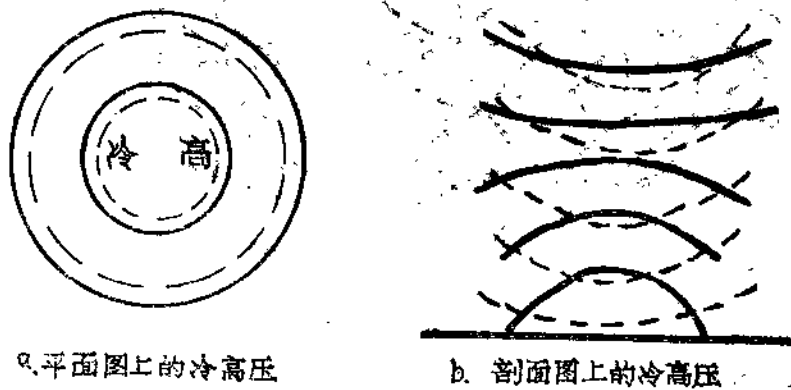


图 1—18 冷 高 压

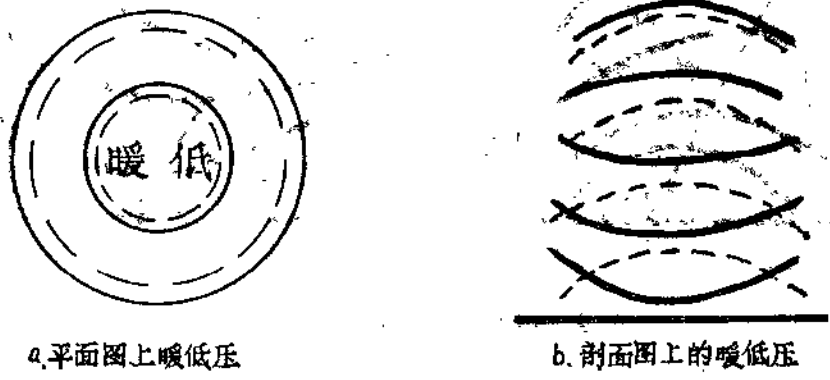


图 1—19 暖 低 压
(图中实线为等压线，虚线为等温线)

(二)，温压场不对称系统

上述两种均属典型情况。实际出现的大多数气压系统为温压场分布不对称的，它们在地面天气图上有闭合的低压或高压中心，到500 mb图上只有对应的槽脊，等温线大多数呈槽脊形状，温度场与气压场分布不对称。系统中的气压值随高度的变化，必然是冷区一侧快于暖区一侧，因此到500mb图上，等高线就成槽脊形状了。如图1—20所示。

从图1—21可以看出，由于温压场不对称，使气压系统的中心轴（即同一系统在各高度上的中心点的连线）发生倾斜，在高压中，由于一边冷一边暖，所以，等压面上凸的最高点随

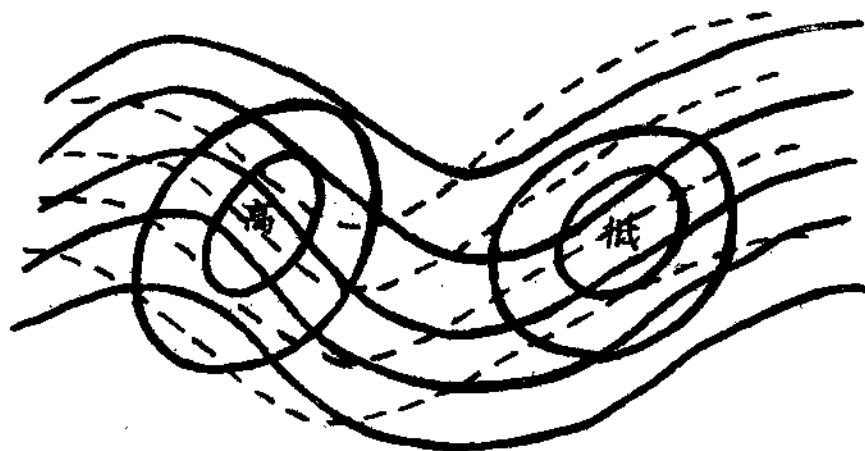


图 1—20 温压场不对称系统(平面图)

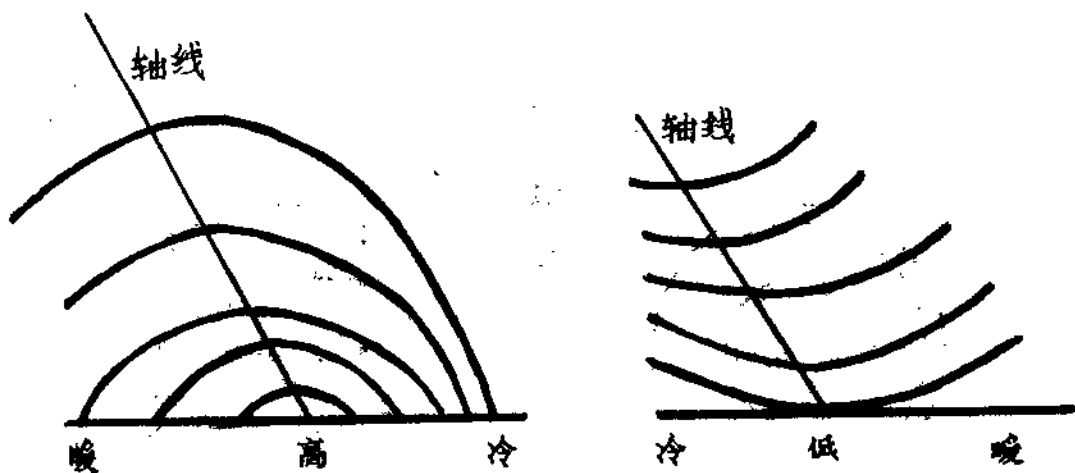


图 1—21 温压场不对称系统(剖面图)

高度向暖区倾斜，即高压中心轴线向暖区倾斜；在低压中下凹的最低点随高度向冷区倾斜，即低压中心轴线向冷区倾斜，在空中各层的表现如图1—22。

一般情况下，由于低压西北部较冷，高压西南部较暖，因此，低压轴线常向西北倾斜，高压轴线常向西南倾斜。此外，由于冷空气中气压随高度上升而降低快，所以空间等压面较密集些，暖空气中气压随高度上升而降低慢，所以空间等压面稀疏一些。

(三) 气压场与空气的运动

风是大家很熟悉的。风，就是空气的水平运动。可是大家熟悉的风是怎样产生的呢？下面就风的产生，也就是空气运动的问题简单介绍一下。

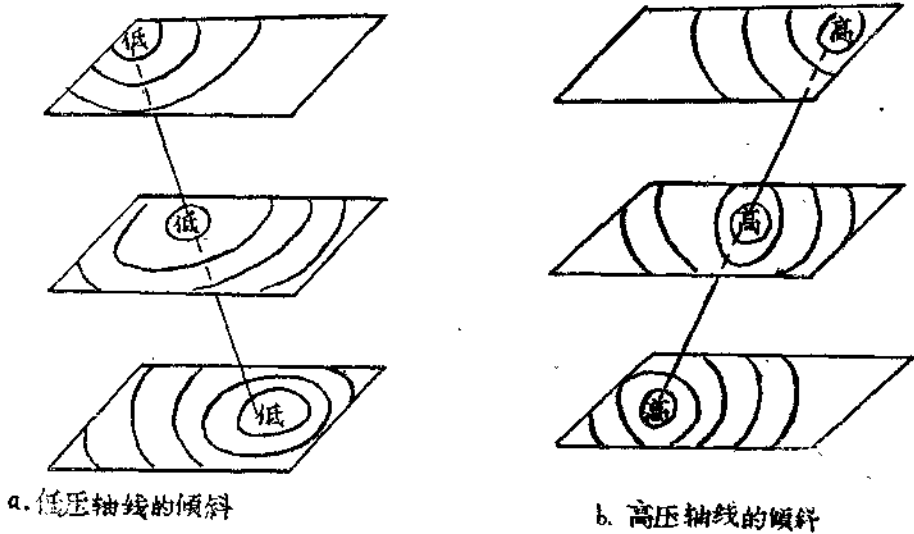


图 1-22 气压系统轴线的倾斜

气压在空间的分布是不均匀的。有的地方气压高，有的地方气压低，于是就产生了各点之间的气压差(Δp)。为了表示这种差异，我们引入气压梯度的概念。所谓气压梯度，就是在垂直于等压面的方向上，单位距离内气压的降低值，用 $-\frac{\Delta p}{\Delta n}$ 表示。

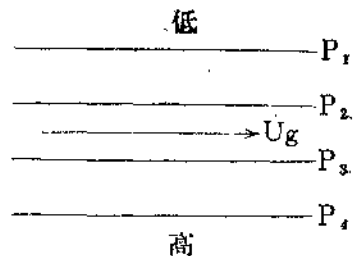
Δn 表示在垂直于等压面方向上距离的变化， Δp 是在该距离内的气压差。

由于有气压梯度的存在，就会产生一种使空气发生运动的力，称为气压梯度力。在这个力的作用下，空气就要由高压向低压运动，好象水由高处向低处流一样，空气也会由气压高的地方向气压低的地方流。但是，空气是在旋转着的地球上流动，因此要受到一种由于地球的旋转而产生的力的作用，这种力称为地转偏向力。地转偏向力不改变物体运动的速度，但改变其运动的方向，在北半球，它使物体向运动方向的右边偏转。通过理论推算可知，在不考虑摩擦的条件下，在气压梯度力与地转偏向力的作用下，空气将沿着等压线作直线运动。如图1-23。气压梯度力和地转偏向力互相平衡时的风 V_g ，称为地转风。

从图1-23可以看出空气运动的方向与等压线平行，如果我们背着风向站立，则会发现右手方向为高压，左手方向是低压。

这一规律，称为风压定律，它具体地表示了风与气压场之间的关系。

当空气作曲线运动时，还要受到惯性离心力的作用。



· 图 1-23 气压场与风的关系