

大气污染与气象

辽宁省气象局资料室

一九七七年二月

56.4218

前 言

在华主席关于“抓纲治国”的伟大指示下，为适应环保和气象战线同志们的需要，现编辑出这本“大气污染与气象”的小册子，供同志们参考。由于我们水平有限，特别是缺乏大气污染方面的知识，错误和不妥之处，欢迎批评指正。

资料室

一九七七年二月

目 录

前 言

一、气象基本知识	3
(一)、天气知识	3
1、大气的组成和分层	3
2、气象变化的机制	5
3、大型天气形势	6
4、局地气流	9
5、大气湍流	10
(二) 气候知识	11
1、气候要素	11
2、气候变迁	14
3、城市气候	14
二、大气污染时的气象条件	15
(一) 大气污染的过程	15
(二) 风、湍流对大气污染的影响	15
(三) 大气稳定度对大气污染的影响	16
(四) 大型天气系统对大气污染的影响	17
(五) 局地气流的影响	17
(六) 云和降水对污染物的净化作用	17
三、大气污染调查与气象条件	18
(一) 采样布点	18
(二) 采样时间	19
(三) 测定最大一次浓度的采样方法	19
(四) 测定日平均浓度的采样方法	19
(五) 按季节采样方法	19
四、空气污染控制中的气象保证	19
(一) 概况	19
(二) 规划设计中的气象保证	20
(三) 空气污染预报	20
五、与大气污染有关的气象仪器	20
(一) 测风仪	20
(二) 测温仪	21
六、我省气候概况	21

(一) 地面气候.....	21
1、四季气候概况.....	21
2、气温的分布和变化.....	22
3、降水的分布和变化.....	22
4、风的分布和变化.....	22
5、能见度的分布和影响的因子.....	23
(二) 空中气候.....	23
1、气温随高度和季节的变化.....	23
2、风向风速随高度和季节的变化.....	24
3、近地层逆温.....	24

大 气 污 染 与 气 象

包围着地球的空气层，称为大气。在不断运动的大气中，存在着各种不同的物理过程，从而产生了风、云、雨、冷、暖……等现象。气象学就是研究发生于大气中的物理过程和现象的学科。

人类生活于大气中，人和大气，如同鱼和水一样，关系极为密切。人类的一切活动，无不受气象条件的影响，空气污染就是人类在生产活动中将有害气体排放到大气中所造成的后果。污染物在大气中的散布规律，与气象条件密切相关。

大气污染与气象的关系是“一分为二”的，大气是污染物的一个完整的运载系统，它不只将污染物从源地运送到其他地方，同时将污染物的浓度，通过扩散、稀释、净化等作用，减少到可以接受的程度。总之，通过大气运动，既扩展了污染的范围，又减小了污染的浓度。

我们要防治大气污染，必须研究大气污染的范围和程度，必须了解气象条件对大气污染的影响及大气污染给气候造成的特异变化。

一、气 象 基 本 知 识

(一) 天气知识

1、大气的组成和分层

地球是太阳系的九大行星之一。它是一个近似于椭球形状的天体，东西半径为6378公里，南北半径为6357公里，两者差21公里。地球有三种外壳，它们是：固体壳（岩石圈）、液体壳（水圈）和气体壳（大气圈）。现在重点我们来研究大气圈。大气的总质量约为 5.27×10^{15} 吨，约为地球质量的百万分之一。大气质量在铅直与水平方向的分布是极不均匀的，主要质量集中在下部，大气质量的一半集中在离地面5公里以下，四分之三集中在10公里以下，99%集中在30公里以下。

大气主要是由多种气体混合组成的。除此而外，它还包括悬浮着的固体和液体的杂质。

组成大气的主要气体经过探测和分析证明：

氮	78.09%
氧	20.95%
氩	0.93%
二氧化碳	0.03%
氢、氦、氖、氙、臭氧等	0.01%

大气中的水汽含量，随着时间、地点和条件不同，有较大的变化。水汽来自江、河、湖、海及潮湿的物体表面水分的蒸发，所以高度越高空气中的水汽含量就必然越少。观测事

实证明：在1.5—2公里高度上空气中的水汽含量已减少为地面的一半；在5公里高度上，已为地面水汽量的十分之一；再往上，含量就更少了。大气中的水汽含量虽然不多，但它在天气变化中确是一个重要的角色。它可相变为云、雾、雨、雪、露等天气现象。

大气中的固体杂质主要是悬浮在大气中的烟粒、尘粒、盐粒等，它们多集中在大气的低层。

大气层究竟有多厚？这个问题很难具体回答，因为随着高度的增加空气逐渐变稀，并没有一个“截然”的界限。由火箭实测资料发现，直到1000公里左右，大气成分仍然主要是氮和氧。1000公里以上的氧和2000公里以上的氮都已变成原子状态的氧和氮了。即在一千公里以上仍有大气存在。大气的底界是明显一的地面，而上界则是模糊的。因为在大气之外，还有极其稀薄的“星际气体”，两者是连接在一起的。按气温的分布通常把大气分为对流层、平流层、中间层、暖层、散逸层等五个层次。

（1）对流层

对流层是地球大气中最低的一层，它的底界就是地面。根据观测，对流层的厚度，在低纬度地区平均为17—18公里，高纬度地区平均为8—9公里。

对流层集中了约为整个大气四分之三的质量和几乎全部的水汽量，是天气变化最复杂的层次。该层温度分布，总的说来是随高度递减的，平均递减率 $Y = 0.65^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 。温度、湿度水平分布不均匀；空气具有强烈的对流运动。

在离地面1公里以下为大气边界层，该层受地球表面影响较大，或者说摩擦力在该层是必须考虑的。

在地面100公尺以下为近地层（或称贴地层），该层受地表影响特别大，摩擦力起主要作用。该层是人类活动的场所，对人们健康影响很大，大气污染的研究，主要是考虑边界层，特别是近地层问题。

（2）平流层

平流层位于对流层顶之上，顶界约伸到35—40公里。该层温度随高度的增加先是等温，后是增温。

在平流层中，空气的垂直运动远比对流层为弱，水汽和尘粒含量也极少，因而气流比较平稳，天气晴好。

（3）中间层

中间层的范围，是由平流层顶伸展到85公里左右。该层温度，先随高度增加而升温，后来随高度增加迅速降温。

（4）电离层（或称暖层）

该层位于中间层顶至800公里高度。该层温度随高度增加而上升，可高达760—1500°K。

该层空气处于高度电离状态。电离层能反射无线电波，是无线电波能围绕地球曲面进行远距离传播的一个重要条件。

（5）散逸层

在电离层以外的大气层统称为散逸层。该层空气极稀，不断向星际空间散逸。

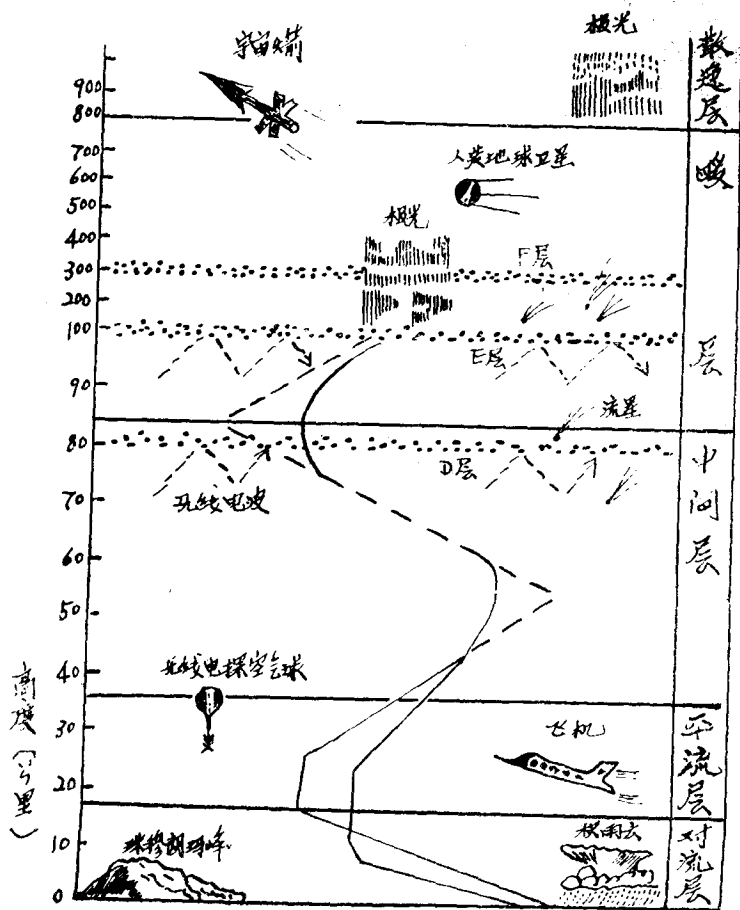


图1 大气结构示意图

2、气象变化的机制

天气现象发生变化的根本原因，在于地球表面各部分接受太阳辐射不均匀性。

太阳辐射是维持地表和大气温度的，并引起大气运动的主要能量源泉。一般说来，低纬地区由于地表接近垂直于太阳光线，即太阳辐射强度大，单位时间单位面积接受的太阳辐射能量多。而高纬地区的地表与太阳光线倾斜，太阳辐射强度弱，单位时间单位面积接受的太阳辐射能量少。这就造成了地球表面及近地气层的冷暖差异。由于空气是可压缩性气体，有热胀冷缩的特性。于是高温地区空气上升，而低温地区空气下沉，在北半球就有这样的现象，赤道上空气压高，而北极上空气压低，这种南北气压差的存在，就使得高空气流有自南向北的趋势，在地表赤道附近的空气柱质量减少，气压减低，极地附近的空气柱质量增加，气压增高。所以地面气压北高南低，因而气流有自北向南的趋势。又由于地球自转偏向力的作用，即由北向南的气流，可发生向西偏转的现象。再加上地面性质、水汽的相变和沉降，这就构

成了天气现象的千变万化，晦明风雨，阴晴冷暖。

总之，天气现象变化的原因是由于：

- (1) 太阳辐射不均
- (2) 空气的热胀冷缩
- (3) 空气的流动
- (4) 地表的不均
- (5) 水汽的相变

3、大型天气形势

大气运动中呈现出具有一定天气特点的系统组成，如高压、低压、台风、高压脊、低压槽、冷锋、静止锋等，统称为天气系统。

各种天气系统的组合就叫天气形势。

天气过程是指某一种天气现象，从它发生、发展到一定强度后，又逐渐减弱或消失的演变过程。例如降雨天气，从开始降水到降水结束，算一次降雨过程。

(1) 锋面

当两个冷暖干湿不同性质的气团相遇时，在它们之间就产生一个非常狭窄的过渡带。这个过渡带称为锋面，或简称“锋”。锋又分冷锋、暖锋、静止锋等几种。

冷锋：当冷空气比暖空气强，冷空气向暖空气方向移动，并占据原属暖空气的地区时，这种锋称为冷锋。冷锋由于冷空气势力强，密度大，冷空气总是插入暖空气的下面，暖空气

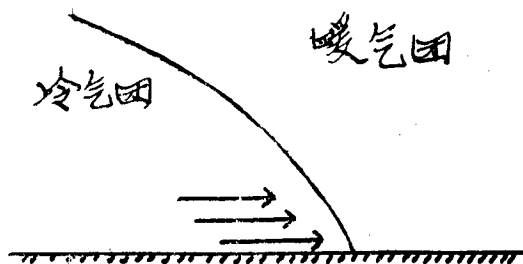


图2 冷锋示意图

被迫上升，常造成暴雨和雷雨天气。

暖锋：暖锋是向冷气团方向移动的。在它移动的过程中，暖空气一面向冷空气方向前进，一面又沿着锋面上升。这种天气在我国也是比较常见的。

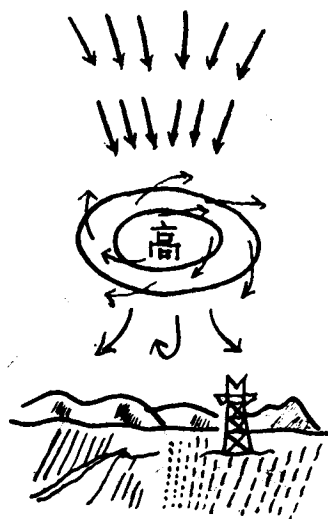
静止锋：如果两个不同性质的气团相遇时势均力敌，形成拉锯战，锋面在某一地区来回摆动，这种锋称静止锋。它常可产生低温阴雨天气。

(2) 高压和高压脊

高压又叫反气旋。在天气图上可以划出闭合等压线的区域，这个区域中心的气压比周围的气压高，这个区域所组成的气压系统就叫做“高气压”。在高气压里，气压最高的地方叫“高压中心”。

“高压脊”是指高压系统里，等压线从高压中心向外伸出去的一部分，它的形状像个山

脊似的。高气压系统一般天气晴好。



(2) 高压气流情况示意图

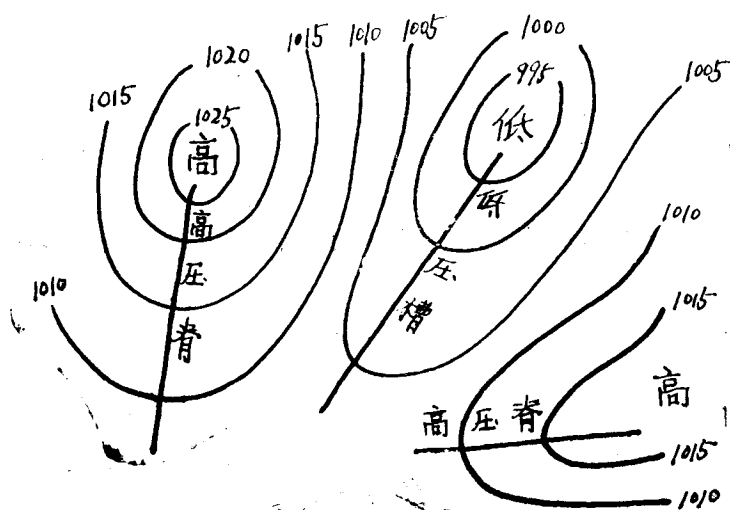


图4 高压、低压、高压脊、低压槽示意图

(3) 低压和低压槽

低压又叫气旋。与高压相反，在天气图上是一个具有闭合等压线，中心气压较四周低的区域，这个区域所形成的气压系统叫“低气压”。空气压力最低的地方叫“低压中心”。

“低压槽”是指低压系统里等压线从低压中心向外伸展的部分，它的形状正如一个槽子一样，故叫低压槽。在低压和低压槽区域内多是阴雨天气。

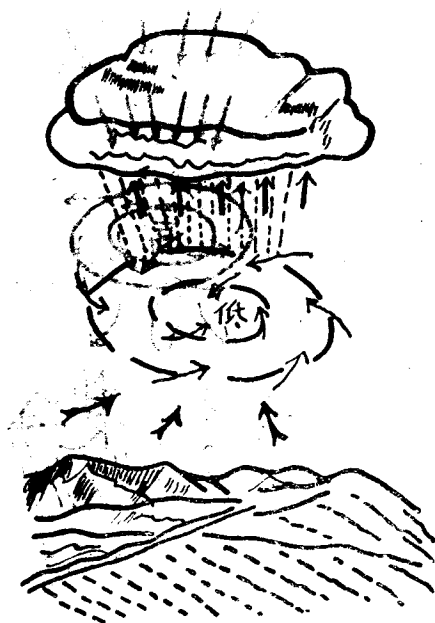


图5 低压气流情况示意图

(4) 槽线和切变线

在低压槽里把气压最低值连结成一线，叫做“槽线”。在槽线两侧的温度和风有所不同。

“切变线”是在天气图上，两边温度差异不大，但风向有一定的交角（如南风 and 西风）或近似相反的分界线。

高空槽线和切变线的区域里，空气有强烈的辐合上升运动，因此，常产生较大的降水。

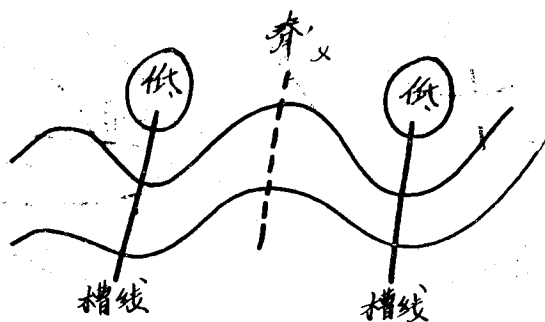
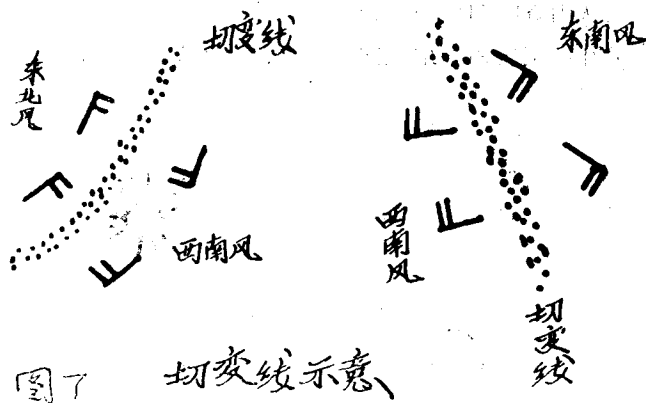


图6 槽线示意图



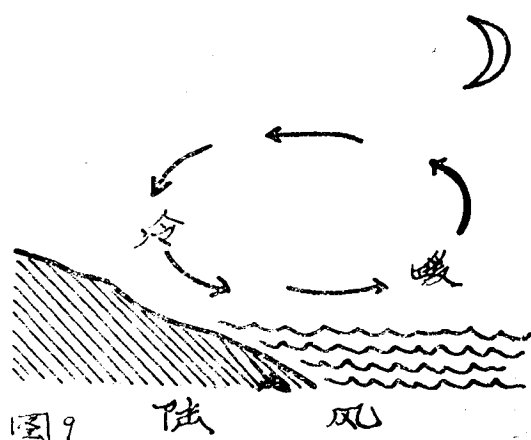
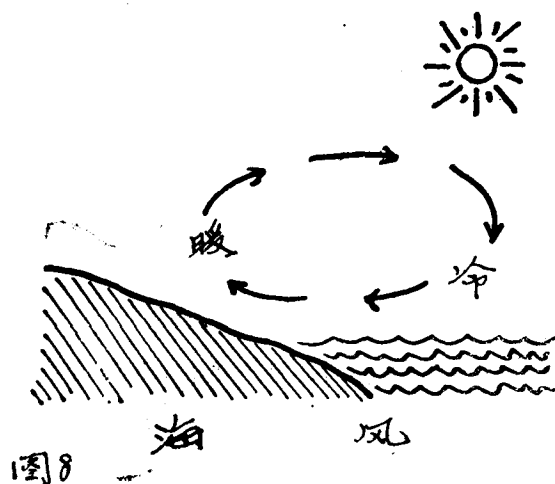
台风是产生于热带海洋上的一种极其猛烈，急速旋转的空气旋涡，实质上是一团气压很低的暖空气，其范围可达几百公里到二千公里。最强的台风，其中心附近风力可达每秒100米以上。在台风登陆的附近地区可能产生暴雨和大风。

4、局地气流

由于地表热力性质的不均匀性往往形成局部的气流，其水平范围往往有几公里至几十公里。

(1) 海陆风

白天，由于太阳辐射，陆地温度高于海面，陆地附近空气受热上升，海面空气即来填补，故白天空气自海面吹向大陆可达数公里至几十公里，这就是海风。在夜晚，情况则相反，出现陆风。



海风和陆风转换的时间，一般来说，陆风在上午转为海风，日落以后海风逐渐转为陆风。海风的强度和范围都要比陆风大。

（2）山谷风

在山区，昼间风从山谷吹向山坡，夜间风从山坡吹向谷地，这就是山谷风。白天山坡受热多，温度高气流上升，空气由谷地流向山坡，即为谷风。夜间则反之，冷空气由山坡流向谷地，即为山风。

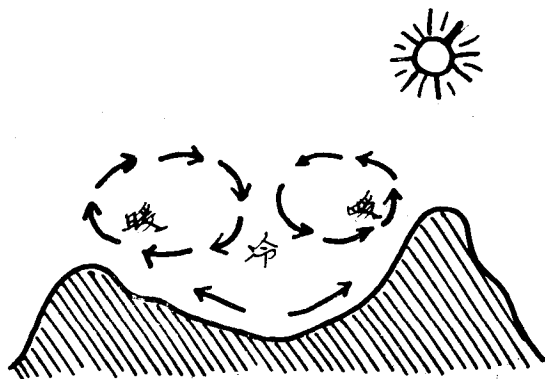


图10

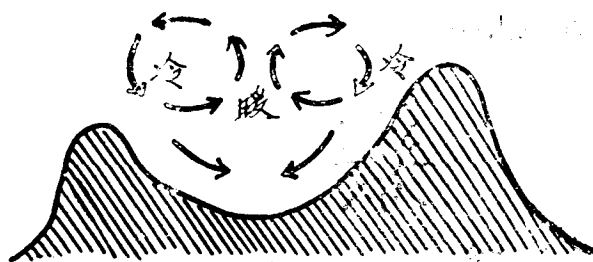


图11

（3）城市热岛环流

人类活动对气候的影响，在整个地球范围内是不均匀的。这种影响主要集中于城市和工业中心，其面积还不到地球总面积的10%。工业城市由于生产和运输发热较多形成了热岛。现在大量资料表明，大城市的城区年平均温度比郊区高 $0.5-1.5^{\circ}\text{C}$ ，这样城区空气上升，流向郊区下沉，近郊的空气沿地面又流向城市，这就是热岛环流。亦称城市风。

5，大气湍流

流体运动有两种形态：一种是比较有规则的“层流”，一种是极不规则的“湍流”。空

气流动也是这样，如我们在晴朗天气，观测高空卷云的移动，往往是比较规则地自西向东运行，无论是运行方向和速度都没有急骤的变化；又如我们观察烟囱里冒出来的烟气，有时浓烟滚滚，呈现强烈的起伏运动，离烟囱口不远即混浊一片，再也找不出明显的“烟道”。前者是层流，后者即是大气湍流现象。我们仔细观察近地面的风，就会发现风速时大时小有阵性，风向在主导风的上下左右作无规则的摆动，这就是湍流的特徵。我们通常将湍流运动分为两部分：按时间平均后比较有规则的平均运动和叠加在平均运动上的起伏涨落的很不规则的脉动运动。现以瞬时风速为例，则可写成 $u = \bar{u} + u'$ 。气象台站用常规气象仪器观测的风，实际测得的是“层流”或“均流”，而不是脉动风，我们通常所说的风，也是指的层流和均流。

在大气边界层，空气流动经常处于湍流状态。湍流运动造成大气各种属性的强烈交换和混合，这对大气污染的研究极为重要，这也是边界层，特别是近地层风速和温度的铅直分布具有一定特徵的重要原因。

影响湍流发展的因素，一是地表的机械作用，地面愈粗糙，地形愈不规则，愈有利于湍流的发展，一是温度层结（温度的铅直分布）或大气稳定度的作用。在近地层，如果空气温度分布是向上减少的（简称速减）我们知道温度低，往往密度大，这样造成上重下轻的情况，称为不稳定状态，这将有利于上下无规则运动的发展，促使湍流增强，如空气温度向上增高（简称逆温），这时空气上轻下重，称为稳定状态，这将不利于无规则运动的发展，促使湍流减弱。介乎两者之间，即温度随高度不变，这时温度分布对湍流的增强或削弱，不发生作用，称为中性状态。

近地层气象条件是大型天气形势，局地气流和大气湍流综合作用的结果。

（二）气候知识

某一个地方的气候是指经常出现的正常天气情况和偶然出现的极端情况。气候特征是由气温、气压、风、降水、湿度等气候要素反映出来的。

气候与人类活动关系密切，不仅人们的生活与气候有关，而且在计划和安排各项生产建设上，也必须全面考虑到气候的影响。

1、气候要素

气候要素有许多，这里只把与大气污染有关的气温、气压、风、降水、能见度等基本要素简述之。

（1）气温

表示空气冷热程度的物理量，称为空气温度，简称气温。我国明朝的黄履庄曾发明过“验冷热器”。目前，测量气温用温度表和温度计。

温度表的温标有三种：

摄氏温标（ $^{\circ}\text{C}$ ）冰点为 0°C ，沸点为 100°C

华氏温标（ $^{\circ}\text{F}$ ）冰点为 32°F ，沸点为 212°F

绝对温标（ $^{\circ}\text{K}$ ）规定以摄氏零度以下 273.15° 为零度，冰点定为 273.15 ，沸点定为 373.15 。在理论计标上多采用这种温标。

以上三种温度标准的换算关系为：

$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

$$K = C + 273.15 \approx C + 273$$

在气候资料统计中有平均气温、平均最低气温、平均最高气温、极端最高气温、极端最低气温以及日较差等。

(2) 气压

大气的压力就叫气压。大气的压力有多大？根据研究证明在静止的大气中，任一高度上的气压值等于单位面积上所承受的大气柱重量。在海平面上，每一平方厘米面积上所承受的大气柱重量约为 1 公斤。

测量气压常用水银气压表、空盒气压表和气压计。

气压的单位有两种：

毫米 (mm) 是水银柱的高度

毫巴 (mb) 是力的单位，1 毫巴 = 1000 达因/厘米²

毫米与毫巴在标准空气下大约是 $1 \text{ 毫巴} = \frac{3}{4} \text{ 毫米}$ ， $1 \text{ 毫米} = \frac{4}{3} \text{ 毫巴}$ 。

(3) 风

空气的水平运动就是风。它是一个向量即有方向，又有速率。

气象上所用的风向，是指风的来向。地面风向用十六方位表示。空中风向用 360 度表示。

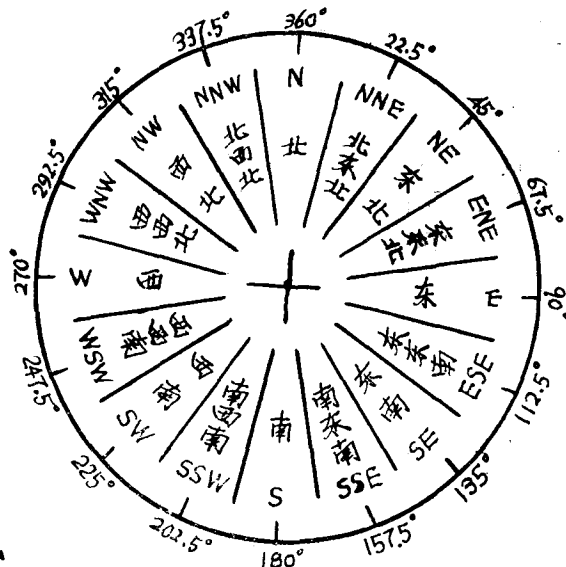


图 12 风向与方位

单位时间内空气在水平方向上移动的距离叫风速。风速的单位多用米/秒或公里/小时，也有用哩/小时的。这三种单位的换算关系是：

$$1 \text{ 米/秒} = 3.6 \text{ 公里/小时}$$

1 哩/小时 = 1.852 公里/小时

测风仪器有电动风向风速器，维尔达风压板，高空中的风是用测风气球和测风雷达。
大气污染中将用到，平均风速、风向玫瑰图、风向频率、无风日数等。

风 力 等 级 表

风力等级	海面状况		海岸渔船征象	陆地地面物征象	相 当 风 速			
	浪	高			米/秒		千米/时	哩/时
					范 围	中数		
0	(米)	(米)	静	静，烟直上。	0.0—0.2	0.1	小于1	小于1
1	0.1	0.1	寻常渔船略觉摇动。	烟能表示方向。	0.3—1.5	0.9	1—5	1—3
2	0.2	0.3	渔船张帆时，每小时可随风移行2—3千米。	人面感觉有风，树叶有微响。	1.6—3.3	2.5	6—11	4—6
3	0.6	1.0	渔船渐觉移动，每小时可随风移行5—6千米。	树枝及微枝摇动不息，旌旗展开。	3.4—5.4	4.4	12—19	7—10
4	1.0	1.5	渔船满帆时，可使船身倾于一方。	能吹起地面灰尘和纸张，树的小枝摇动。	5.5—7.9	6.7	20—28	11—16
5	2.0	2.5	渔船缩帆（即收去帆之一部）。	有叶的小树摇摆，内陆的水面有小波。	8.0—10.7	9.4	29—38	17—21
6	3.0	4.0	渔船加倍缩帆，捕鱼须注意风险。	大树枝摇动，电线呼呼有声，举伞困难。	10.8—13.8	12.3	39—49	22—27
7	4.0	5.5	渔船停息港中，在海者下锚。	全树摇动，大树枝弯下来，迎风步行感觉不便。	13.9—17.1	15.5	50—61	28—33
8	5.5	7.5	近港渔船皆停留不出。	可折毁树枝，人向前感觉阻力甚大。	17.2—20.7	19.0	62—74	34—40
9	7.0	10.0	汽船航行困难。	烟囱及平屋房顶受到损坏，小屋遭受破坏。	20.8—24.4	22.6	75—88	41—47
10	9.0	12.5	汽船航行颇危险。	陆上少见，见时可使树木拔起或将建筑物吹毁。	24.5—28.4	26.5	89—102	48—55
11	11.5	16.0	汽船遇之极危险。	陆上很少，有则必有重大损毁。	28.5—32.6	30.6	103—117	56—63
12	14.0	—	海浪滔天	陆上绝少，其摧毁力极大。	32.7—36.9	34.8	118—133	64—71
13	—	—	—	—	37.0—41.4	39.2	134—149	72—80
14	—	—	—	—	41.5—46.1	43.8	150—166	81—89
15	—	—	—	—	46.2—50.9	48.6	167—183	90—99
16	—	—	—	—	51.0—56.0	53.5	184—201	100—108
17	—	—	—	—	56.1—61.2	58.7	202—220	109—118

(4) 降水

从空中有液体水或固体水降落到地面的现象,称为降水。降水量是以单位面积中的水层深度来表示的,单位用毫米。降水(≥ 0.1 毫米)连续三小时以上,可使空气中的粒状污染物发生净化机制增强。为了使同志们了解天气预报用语,现将降水等级表列下:

降 水 等 级 表

(单位:毫米)

等 级	12 小 时 内 降 水 量	24 小 时 内 降 水 量
微 雨	量 ≤ 0.1 mm累计时间小于3小时	
小 雨	0.1——4.9	0.1——9.9
中 雨	5.0——14.9	10.0——24.9
大 雨	15.0——29.9	25.0——49.9
暴 雨	30.0——69.9	50.0——100.0
大 暴 雨	70.0——139.9	
特 大 暴 雨	≥ 140	

(5) 能见度

能见度的好坏,是用目标的能见距离来表示的。目标的能见距离,是指具有正常视力的人在当时的天气条件下能够看清楚目标轮廓的最大距离。影响能见度的因子有烟、雾、降雪、降雨等。能见度资料,一般可反应出大气的混浊程度。

能见度的观测分为水平能见度及垂直能见度两种,目前气象台站只观测水平能见度。

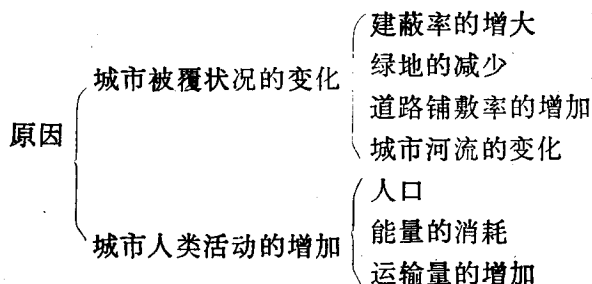
2、气候变迁

气候是一直在变化着的,过去在变,现在在变,将来也还要变,这是毫无疑义的。近年来,世界上有些地区气候异常,这些变化在很大程度上给人们造成了灾害,气象工作者应很好的进行研究。对这个气候变化的解释有很多学派,其中有一种变暖说(SO_2 学说)苏联列宁格勒观象总台的布迪柯认为,随着工业发展,能量消耗速度日益加快,高层大气在变热,热污染肯定要在某种程度上影响气候变暖,并预言到公元二千年,亚洲、美洲和欧洲北部的气候将明显变暖,极地冰雪甚至会在21世纪中叶全部消融。美国的彼得森、西德弗隆认为,人类活动散发的巨大热量将要改变世界大部分地区的气候。在今后一百年之内冰河期到来的可能性极大。如果大气中的二氧化碳增加到现在的五倍,北极圈的温度将会上升 $5-8^{\circ}\text{C}$ 。我国部分气象工作者认为:约从一万年开始,最近一次冰川消退,出现了冰后期气候,这段时期的气候变化也是以冷暖交替为主要特征,共出现过四个温暖时期和四个寒冷时期。最近气候变迁的幅度与历史时期比较仍然是很小的。半个多世纪以来,我国不同地区的10年平均温度的变化还没有超出 1°C 的范围。

3、城市气候

人类为了生活上的方便开始了群居，这就形成了村庄和城镇，由于工业的发展使很多大城市迅速地扩展。城市气候的提出是在1830—1840年由英国气象工作者提出的。那时他们发现，城市中心的气温比四周高和以城市为中心的雾多，也开始认识到因城市而使气候改变的事实。

影响城市气候的原因：



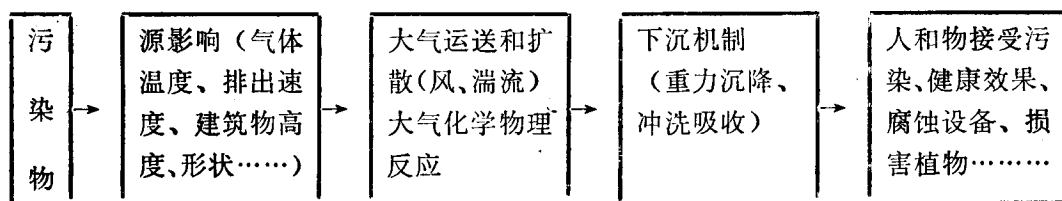
城市气候最近开始被重视起来的最大的原因还是起因于公害。为了减少在城市容易产生的大气污染等公害的为害，弄清城市气候的问题就成为先决条件了。

二、大气污染时的气象条件

大气污染与气象的关系，可以分为两方面的问题：一是污染物排入大气后对气象条件的影响，如有人认为由于二氧化碳的增多，有使气温升高的趋势；一是气象条件对污染物在大气中散布的影响。后者是我们着重讨论的问题。

(一)、大气污染的过程

污染过程可用下列方框图简单地表示：



从上述过程看得很清楚，我们最关心的是人和物接受污染的程度，也就是污染物浓度在地面的分布。

影响污染物浓度分布的条件有：

- 1、污染物性质：粉尘颗粒的大小、比重、形状……；气体的物理、化学性质。
 - 2、源的性质（源的强度，即单位时间或瞬时排出污染物的数量；源的排放时间，是瞬时的还是持续的；源的高度、形状；温度、排出速率）。
 - 3、气象条件：风、湍流和温度的影响。
 - 4、地表性质：地形起伏，粗糙度；地面复盖物对污染物的吸收和反射能力。
- 由此可见，气象条件是决定污染物浓度分布的一个重要因素。

(二) 风、湍流对大气污染的影响

大气运动对大气污染的作用有二：一是运送作用，即将污染物从源地运送到其他地区；一是扩散、稀释作用，即将污染物扩散、稀释，降低污染物的浓度，以致达到可以接受的水