

# 人类活动对气候的影响

人类活动泛指人类的工农业生产活动和对自然界所进行的一切改造，如城市建设、近代工业的发展、绿化造林、砍伐森林、开垦荒地、兴建水库和灌溉等。

对局部地区的气候进行人工影响，可以收到明显的效果，这一点已由实践证明。但是，人类活动对全球的气候影响如何？现在还难于进行数量估计。这是因为自然因素与人类活动对于气候的影响是综合交错在一起的，作用有正有负，很难把它们区分开来，进行数量估计。

## 一、人类活动对局地气候的影响

Lansberg (1970) 指出：人类活动对局地气候的影响，应具体分为城市外和城市内两个方面。

### (一) 城市以外的情况：

#### 1. 绿洲效应：

由于不断兴建各种类型的水库，扩大了灌溉范围，而对大范围地区进行灌溉的结果，使灌溉地区的气温日振幅变小，湿度增加，此即所谓“绿洲效应”。从1930年以来，在美国四个州（俄克拉克马、堪萨斯、科罗拉多、内布拉斯加）的 $62 \times 10^3$ 平方公里土地上进行灌溉的结果，估计使上述四州初夏的雨量增加了近10%。

#### 2. 湖泊效应：

无论是天然湖泊或人工兴建的大型水库，都表现出一定程度的湖泊效应——形成小范围的水陆风。气温的日、年较差均较距湖泊稍远的陆地上小。春至夏季，湖泊上的气温低于陆地，秋至冬季高于陆地。以范围30平方公里的湖泊为例，冬季湖上气温比周围地区高 $0.7^{\circ}\text{C}$ 。

在美国的五大湖区，湖泊的影响在东部表现得十分明显。年平均气温及最冷月的平均气温，东岸及中部高于西部，年较差东部和中部小，雨量则是东岸多，这是因为显著的西风气流把湖泊上湿润空气不断吹向东岸的结果。

#### 3. 所谓“不注意的影响”：

近年苏联有改造北极海冰的计划，把原来注入北极海的河流改变方向，使之流入水位正在逐年下降、范围正在日渐缩小的咸海和里海。由于注入北极海的河流水量减少，北极海地区的气温、降水都会发生改变，气候带也会相应发生位移，有可能出现并非理想的气候变化。为了改造一个地区的气候，在其它地区出现没有预料到的变化，即称为“不注意的影响”。

表1 美国五大湖沿岸气温的比较

湖区部位	测站纬度	年平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	最冷月气温( $^{\circ}\text{C}$ )	最暖月气温( $^{\circ}\text{C}$ )	年较差( $^{\circ}\text{C}$ )	年降水量(mm)
西部	$44.5^{\circ}\text{N}$	6.5	-8.2	20.2	28.4	787.0
中部	$44.3^{\circ}\text{N}$	7.0	-6.6	19.6	26.2	801.0
东部	$43.1^{\circ}\text{N}$	8.2	-5.0	21.1	26.1	910.0

在湖泊范围很大的情况下，由于大气层结的稳定作用，降水量有可能不增加，反而减少，这是值得注意的。

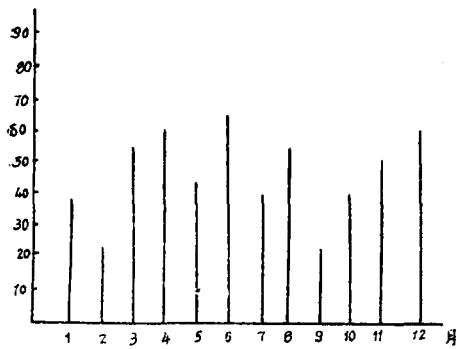


图1 东京市内尘降量的年变化

## (二) 城市内的情况:

由于资本主义国家近代工业的畸形发展并且日益向大城市集中,使得城市规模越来越大,城市人口越来越多,城市的空气污染越来越严重,“不注意的影响”也越来越明显。

### 1. 城市内的空气污染:

随着近代工业(石油、化工、钢铁……)的发展,城市内的空气污染也日趋严重,尤其是在工厂集中地区的下风方向更为明显。下面以日本东京近年来的实测资料(图1和图2),来说明大工业城市空气污染的严重情况。

根据1939—1954年的资料,世界上一些大工业城市的煤尘降已增至30年代初期的3—4倍。

此外,根据日本川崎、横滨1957年—1959年的尘降实测结果得表2。

表2

	川 崎			横 滨		
	工业区	居民区	田野	工业区	居民区	田野
1957	61.6	11.8	8.9	20.7	15.5	10.2
1958	42.5	11.3	9.7	21.3	12.2	10.9
1959	40.4	10.4	10.2	21.9	10.3	10.6

城市内稠密的柏油公路以及密集的工业区和居民区,再加上工业及民用燃烧的影响,严重的改变了城市内的热量平衡,使城市内的气温普遍较郊区旷野升高。美国大城市,由于上述原因产生的“人工热”,相当太阳辐射热量的10—15%,欧洲约为1/3。由于局地的升温作用,正在使城市变为“热岛”,因此城市内的不冻期有所延长,降雪期有所减少。

由于人工热的影响,可使最高气温升高1—2°C,最低气温升高1—9°C。一般来说,城市内的年平均气温比城郊旷野高1°C左右,具体如下表:

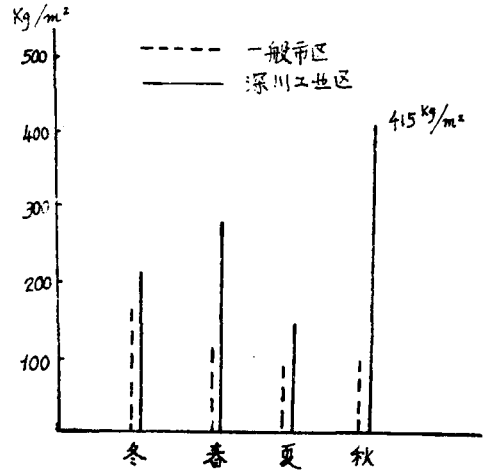


图2 东京市内工业区与一般市区尘降量的差异

尘降分布还与盛行风向有关,一般总是上风方向尘降少些,下风方向尘降严重,在下风向由于距离尘降源(指工厂集中的工业区)的远近不同,而有工业区大于居民区,而居民区又大于郊区田野的分布规律。

### 2. 城市的温度变化:

城市内稠密的柏油公路以及密集的工业区和居民区,再加上工业及民用燃烧的影响,严重的改变了城市内的热量平衡,使城市内的气温普遍较郊区旷野升高。美国大城市,由于上述原因产生的“人工热”,相当太阳辐射热量的10—15%,欧洲约为1/3。由于局地的升温作用,正在使城市变为“热岛”,因此城市内的不冻期有所延长,降雪期有所减少。

由于人工热的影响,可使最高气温升高1—2°C,最低气温升高1—9°C。一般来说,城市内的年平均气温比城郊旷野高1°C左右,具体如下表:

表3 城市内年温高于郊区的数值

芝加哥	0.6°C	纽约	1.1°C
华盛顿	0.6°C	巴黎	0.7°C
洛杉矶	0.7°C	莫斯科	0.7°C
费城	0.8°C	柏林	1.0°C

此外，日本荒川秀俊指出：城市年平均气温有随着城市发展而逐渐升高的趋势，东京在最近100年来已升高1.5°C，大阪升高2.6°C。美国、英国、德国……等国，也证实了这一点。这种情况如果持续下去，将使城市的晚霜提前，初霜推迟，无霜期变长。

### 3. 城市内的湿度变化：

城市内密集的建筑群和四通八达的柏油公路网，在改变城市内热量平衡的同时，也改变了城市内的水量平衡。如果城市内有50%是不渗水的柏油路面，那么从城市内流出的水量大约相当郊区旷野的两倍，当地面迳流量大时，则在三倍以上。再加上大城市地下水系统的逐步完善，城市内地面水的迅速流失，使城市内的空气湿度减小。

城市内平均气温高于郊区，湿度低于郊区，是城市日趋干燥的一个主要原因。一般城市内的相对湿度比郊区低5%左右，最大时可低至30%以上（夏季）。

### 4. 城市内的雾、云量、日照、风和降水量的变化：

由于城市工厂、交通、暖房及居民生活用煤等原因，每时每刻都在向大气中施放大量的煤烟、尘埃……等杂质，这些杂质做为水汽的天然凝结核，又使城市内的雾日数和云量增加，使日照时间减少，使降水量发生变化。

西德慕尼黑有一个很好的城市内、外云量对比观测结果，见表4。

表4 慕尼黑市内外云量比较

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
气象台（市中心）	7.8	7.8	7.0	6.5	6.3	7.3	6.3	5.7	6.1	6.7	7.9	8.4	7.0
植物园（郊外）	7.6	7.4	6.9	6.2	5.9	6.8	5.8	5.3	5.7	6.4	7.9	8.2	6.7
云量差	0.2	0.4	0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.0	0.2	0.3

城市内云雾的频繁发生，自然影响到城市内的日照时间。如伦敦市中心的日照时间与郊外比较，一年之中要少6%左右，尤其是冬季少得更多达二分之一左右。

一般来说，随着空气中凝结核的增加，城市雨量也相应增加，但是也有相反的情况。城市雨量增加，在工厂区的下风方向表现显著。例如美国密执安湖南端的拉波尔特镇，该镇在工厂区下风方向50公里，据报告在过去数十年间雨量增加近30%。此外，梯弗利斯、巴库、莫斯科、芝加哥、圣路易等城市的雨量也是增加的，只有华盛顿和费城的雨量是减少的，东京的雨量则不一定比郊区多。这种有的增加，有的减少，有的相近的复杂情况，说明城市雨量问题，今后还要进一步研究。

城市内由于高层建筑的摩擦影响，风速普遍较郊外为小。一般来说，城市内的风速比开阔的郊野减弱20—30%，这已为许多实测结果所证实。

## 二、从污染源角度考虑人类活动对气候的影响

影响气候并使之发生变化的污染源，主要有以下三个方面：CO<sub>2</sub>、气溶胶及海上油膜。

## (一) 关于CO<sub>2</sub>

1. 大气中的CO<sub>2</sub>对太阳辐射是透明的,对地面长波辐射是不透明的,因此在CO<sub>2</sub>层的下部,热量被贮存起来,这种作用即称之为“温室效应”。Callender指出:由于化石燃料消耗量的不断增加,使大气中CO<sub>2</sub>含量也相应显著增加。

### 2. 大气中CO<sub>2</sub>含量的增加情况:

据B. Bolin估计,上世纪中期,大气中的CO<sub>2</sub>含量是290ppm(即百万分比,下同),现在是320ppm,约增加10%。据经济合作和发展组织(OECD)推测到20世纪末,可能增加到370—395ppm,按第一近似估计,CO<sub>2</sub>增加18%,温度大约升高0.5°C。

近年来随着化石燃料的耗量逐年增加,CO<sub>2</sub>大致上以每年1.9—2.3ppm的比例增加,这个数字是指CO<sub>2</sub>增加的总量,其中大气中的CO<sub>2</sub>增量只占 $0.7 \pm 0.1$ ppm,尚不到由于燃料耗量增量所引起的CO<sub>2</sub>增量的1/3,其余的2/3到哪里去了?一部份为植物的同化作用消耗掉,另一部份注入到海洋中去了。海洋中的CO<sub>2</sub>含量约为大气中CO<sub>2</sub>含量的60倍,其中大部份又在斜温层(Thermocline)之下。如果以大气中的CO<sub>2</sub>含量为700个单位(一个单位是十亿立方吨),海洋中的斜温层以上,含有CO<sub>2</sub>约为500个单位。就是说,海洋中斜温层以上的CO<sub>2</sub>含量已相当大气中CO<sub>2</sub>含量的5/7,而这部份还是海洋中CO<sub>2</sub>含量的很少一部份。

### 3. 海洋-大气之间的CO<sub>2</sub>交换:

在海洋表面,大气中的CO<sub>2</sub>分压与海洋中的CO<sub>2</sub>分压之间的差值,决定了CO<sub>2</sub>的移动方向。据Takahashi(1959)的测定:在高纬度地区,CO<sub>2</sub>从大气向海洋输送;在低纬度地区相反,CO<sub>2</sub>是从海洋向大气输送。因为海洋-大气之间存在着如此显著的CO<sub>2</sub>交换,所以单独讨论大气中的CO<sub>2</sub>含量变化及其对气候的影响是不行的。

### 4. CO<sub>2</sub>中的C的来源问题:

CO<sub>2</sub>中的C从何而来?在C里包含着由于宇宙线照射大气中的N<sub>2</sub>所产生的C<sup>14</sup>,而C<sup>14</sup>的半衰期约为6000年,因为C<sup>14</sup>的半衰期这样短,所以在化石燃料中几乎不含有C<sup>14</sup>,即CO<sub>2</sub>除来源于化石燃料之外,必须考虑CO<sub>2</sub>还来源于其它寿命更加年轻的物质。

据Bolin(1970)估计,大气中的CO<sub>2</sub>如果以来源于燃料消耗者为5个单位(一单位是十亿立方吨),则由土壤菌类放出的CO<sub>2</sub>是25个单位,陆地上植物同化作用吸收35个单位,呼吸作用放出10个单位,大气输向海洋100个单位,海洋输向大气97个单位。由以上各估计值可以看出,大气中的CO<sub>2</sub>含量单单由于燃料消耗引起的增量,不是简单的一次幂关系。

关于CO<sub>2</sub>与地球平均气温之间的关系,最初认为本世纪初的气温升高是由于大气中的CO<sub>2</sub>含量增加引起的,因此曾设想根据CO<sub>2</sub>的增值来预测气温的升高值,但40年代以后,平均气温下降,仅仅用CO<sub>2</sub>解释就不行了。因此有人认为CO<sub>2</sub>的增加不是引起气候变化的原因,至少不是主要原因。

但是,迄今为止,在影响气候变化的人为因素中,CO<sub>2</sub>的温室效应,仍然最为人们所重视。根据A. Bryson(1970)的工作,CO<sub>2</sub>、尘埃、太阳活动对地球平均气温的影响,按其影响程度的大小依次为71%、8%和5%,如果这个结果比较符合实际,那么CO<sub>2</sub>的作用还是引起气候冷暖变化的重要原因。

## (二) 尘埃:

污染大气的微固体粒子来源有三:第一是火山爆发;第二是由人类活动间接产生的兰霾

和棕霾；第三是工厂和汽车排出的大量微固体粒子。

### 1. 火山尘（灰）对气候的影响：

火山爆发完全属于自然因素。火山爆发喷出的巨量火山尘，长时间浮游在大气高层，对太阳直接辐射与散射辐射都有影响，不可能不影响到气候。

美国的 W.J.Humphreys 指出：火山爆发后，北半球夏季会出现低温、冷夏。1883年的克拉卡托火山爆发之后，第二年（1884）在日本的东北部，果然出现低温，并且是日本年平均气温最低的一年。1963年印尼的巴厘岛阿贡火山爆发，火山灰高达平流层，到1963年底，火山灰曾漂至南极。由这次火山灰造成的大气浑浊，致使不少地方看到了异常的大气光象，甚至使1963—1965年间的月食影子变暗。此后，火山灰达到平流层高度的火山爆发，有1965年的塔尔火山（菲律宾）、1968年的马荣火山（菲律宾）和非南地纳火山（南极），后者喷出的瓦斯气体曾引起平流层的光化学反应，使大量的硫酸铵散布在平流层中。

J.M.Mitchell对60年代的火山爆发的研究结果指出：大气污染有2/3是由于火山爆发引起的。火山尘对太阳辐射的影响，一般是3年，大致范围是2—10年。此后，直接辐射又逐渐恢复原状，这是因为上升到平流层的火山灰逐渐飘落，平流层又重新净化所致。

### 2. 次微米尘埃：

工厂、汽车排出的烟尘、废气主要是1微米以下的粒子，故称次微米尘埃。这种次微米尘埃对人类的生活及生产活动影响极大，其原因有以下几点：其一，落速极慢（1/10微米的粒子落速为1厘米/小时，1/100微米的落速为1厘米/日），在大气中滞留的时间长；其二，由于污染源的位置不同，工厂、汽车排出的烟尘、废气多集中于贴近地面的大气下层，当近地面有逆温层时，扩散到高层的条件更加困难。

就全球来说，大气中的次微米尘埃正在增加，这已为各种观测所证实。

第一，是由海上大气导电率的变化推算出来的。大气导电率变小，说明大气中包含的不导电介质（尘埃）增加。据分析，近50年来南太平洋上的大气导电率没有明显变化，而在北大西洋上则明显变小。

第二，是由对天体的测光曲线推算出来的。据推算结果，发现在最近大约50年间，紫外线减弱0.27mag，达到26%的惊人程度。Hodge指出：若能在全世界天文台进行这种观测，有可能得到大气污染的重要线索。

第三，是尘降量的巨增。

大气中微固体粒子（尘埃）的增加，对地球平均气温影响如何？

R.A.Bryson 1968年指出：由于尘埃的遮蔽效果会使温度降低，他具体计算如下：

令 太阳辐射为 S

地球反射率为 A

获得太阳辐射后的地球温度为 T

则成立如下的简单公式： $(1 - A)S = 4\sigma T^4$

$\sigma$ —即斯感藩~波尔兹曼常数

如果考虑大气中尘埃的影响，上式变为： $[1 - (A + \delta)]s = 4\sigma T'^4$

如果  $\delta > 0$  则  $T' < T$   
 $\delta < 0$   $T' > T$

Cormick (1967) 指出： $\delta$  永为正值，即大气尘埃的气候效果是使地球平均气温降低，但是，1969年Carlson又指出：在吸收辐射的尘埃层， $\delta$  可能为负值。

根据Roach等人的工作，认为尘埃的辐射效果取决于以下三个方面：粒子的大小、粒子在大气中的高度分布、尘埃对辐射的吸收系数。

### (三) 关于海洋污染：

海洋污染是指由于海面油层所引起的海洋——大气系统之间的热量收支变化以及此变化对气候的影响。

近数十年来，由于资本主义国家沿海地区工业发展迅速及海洋运输的发展，注入海洋的“三废”总量，与日俱增。其中仅废油一项，据Hunt (1970) 估计，现在每年倾注入海的废油量即达200—1,000万吨，海洋污染问题已引起国际气象组织的注意。在全世界范围内，以日本近海的海洋污染最为严重。日本平均每年倾注入海的废油量达50万吨以上，相当全世界每年注入海洋的废油总量的1/20—1/4。

由于海面油层的范围不断扩大，油层也日渐增厚，抑制了被污染海域的海面蒸发，进而影响海洋—大气之间的热交换和热量平衡，使海水温度升高，长此下去的气候效果是使大范围的海域“沙漠化”，因此有人提出由于海洋污染，正在使某些海域形成“海洋上的沙漠气候”。

海洋—大气之间的热交换，通过海面进行，其过程有四个方面：显热、潜热、海面吸收辐射和海面长波辐射。其中以潜热项的长期效果最显著。在伊势湾的狭窄水域，据飞机观测，未遭污染的海域，水温是26°C；已被污染的海域，水温是29°C。由于海洋污染，水温升高3°C。海洋污染的问题日趋严重，这是不能忽视的。

据Woods Hole海洋研究所(1970)的观测证实：地中海已被废油污染，尤其以意大利的南部海域最为严重。地中海本来是欧洲与非洲之间气候的缓冲地带，假如由于海洋污染而使地中海“沙漠化”，则地中海作为缓冲地带的气候效果将要减弱，温暖湿润的欧洲气候最终将为干燥少雨的非洲气候所代替，这虽然只是人们的推断，未必会如此严重，但海洋污染作为人类活动影响气候的一个方面，是值得引起重视的。