



臭氧层对光的吸收作用

杨 洋 郝 普 杨 松

伴随着科学技术的发展进步,环境污染问题已被越来越多的有识之士所重视,近期经常有人提及臭氧层遭到破坏后给人类带来的影响.那么臭氧层到底是怎样形成的?它对我们的环境的影响体现在哪里?为什么会有这些影响?本文作者力图通过所掌握的有关资料,对臭氧层在地球表面的分布情况及它对光的吸收作用等有关内容进行必要的论述.

大气的结构与组成

利用大气层垂直温度分布的特征,我们将整个大气层分为4层,即对流层、同温层、中间层、热电离层.各层范围及温度变化规律见图1.

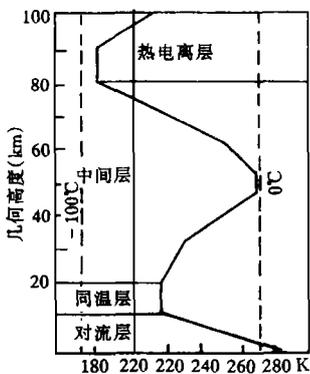


图1 大气层内温度变化规律

对流层的厚度虽然只有10km,但却集中了大气层中80%的大气质量及90%以上的水汽.该层内温度随高度增加而下降,其下降速度为 $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$.这是对人类活动影响最大的一层.天气变化过程也主要发生在此层.对流层内存在着强烈的垂直运动,上下空气之间的质量和热量交换很频繁,“对流层”故此得名.

同温层的厚度与对流层大体相当.该层内温度基本恒定,这是它的主要特征.该特征是由于它下面的对流层温度随高度减少同时位于它上面的中间层温度则随高度增加而导致的,

因此,可以说它是对流层与中间层的一个过渡层.该层内水汽稀少,气流稳定,臭氧及气溶胶较丰富.大型客机一般在此高度内飞行.

中间层一般认为在20—80km的高度内.该层内大气质量已很稀少,水汽几乎全无,但臭氧的最丰富的高度通常在该层下部.该层内温度特征为先升后降,该层内光化学反应强烈,且可形成独具特色的“夜光云”.

在热电离层,空气含量仅占大气总质量的十万分之一,该层内温度一般随高度增加.该层内空气在强烈的太阳紫外辐射和宇宙射线的作用下形成电离状态,所以被称为电离层.

大气是由多种气体分子和悬浮微粒组成的混合体.其中包括氮气、氧气、臭氧、二氧化碳、氩、甲烷、一氧化碳及微粒等.

在大气这种混合体中,二氧化碳、甲烷、一氧化碳的混合比的相对组分从海平面至80km高度几乎不变,因此称其为不变组分.而水汽、臭氧及微粒等则与前者刚好相反,其组分随高度明显变化.其中,水汽随高度的增加而减少,但到了15km高时基本不再减少;臭氧则是在20—25km处浓度最大;而微粒也称为气溶胶,除在地面附近较集中外,在10—50km范围内也较丰富.

臭氧层的形成与分布情况

臭氧对人类和地球环境既有益又有害,这取决于它在大气层中存在的位置.接近地球时,臭氧和其他氧化剂一起,损害人类的健康,破坏花草树木.位于10—15km高度时,臭氧层起着温室气体作用.而中间层的臭氧却起着有益作用,它“过滤”有害的紫外线辐射,环绕地球形成一个“防护罩”.

大气中臭氧的形成过程为:氧分子吸收太阳辐射中波长短于 $0.24\mu\text{m}$ 的光子,从而离解为氧原子,氧原子和氧分子在其他分子参与下(如

氧分子等)形成臭氧。我们称这一过程为光化学反应。在臭氧产生的同时,臭氧吸收了波长短于 $1.10\mu\text{m}$ 的辐射能量后又会发生臭氧的离解,即臭氧吸收一个光子后离解成一个氧原子和一个氧分子。由于离解臭氧所需能量很小,因此臭氧在阳光下是不稳定的。

臭氧的形成和离解在同一空间、同一时间内进行。一方面在形成另一方面又在离解,由此就决定了臭氧层内浓度分布及臭氧层内温度分布。臭氧在大气中的分布与高度、季节、经纬度等因素有关。图2是本文作者利用国内一些技术手册中所给出的数据画出的臭氧密度随高度的分布图。

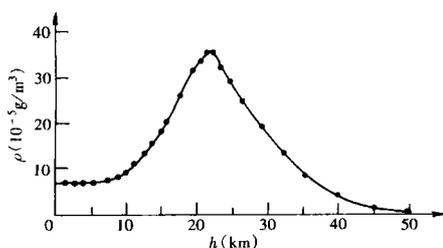


图2 臭氧随高度分布情况

从图中可看出,在中纬度的夏季,臭氧密度最大的高度为 22km ,其值约为 $36 \times 10^{-5}\text{g}/\text{m}^3$ 。大于这一高度,由于氧分子数量太少,形成臭氧的成功率比较低;小于这一高度,由于能够分解氧分子的射线已被大量吸收,只有少量氧原子,臭氧形成率也不高。

臭氧层对太阳辐射的作用

广阔的光谱区中实用意义比较大的是 $0.2\text{--}20\mu\text{m}$ 的紫外区至红外区。当太阳辐射通过大气层时,组成大气的各种成分对它具有一定的吸收作用,吸收的强弱与波长有较大的依赖关系。大气中一些分子对辐射的吸收具有选择性,如 CO_2 在 $2.7, 4.3, 15\mu\text{m}$ 等处吸收较强;水汽除在中红外远红外处吸收强烈外,还在 $1.38, 1.87, 1.1, 2.7, 0.94, 6.27\mu\text{m}$ 等处有较强吸收; CH_4 在 $3.31, 3.8, 7.6\mu\text{m}$, CO 在 $4.6\mu\text{m}$, N_2O 在 $4.5\mu\text{m}$, 气溶胶在 $3\text{--}5\mu\text{m}$ 及大于 $10\mu\text{m}$ 等处均有较强吸收。而本文所讨论的 O_3 及同位素由于具有永久电偶极矩,因而存在振动-转动及纯

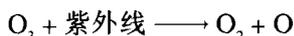
转动能级结构,故可以同入射辐射相耦合而产生吸收。 O_3 在整个光谱区内吸收的详细情况见表1:

表1 臭氧吸收太阳辐射的吸收谱线表

紫外区 μm	可见光区 μm	红外区 μm	
		强吸收线	弱吸收线
0.20~0.34	0.45~0.76	4.75	2.70 3.27
0.30~0.36	0.60	9.60	3.59 5.75
		14.10	9.00

在臭氧的这些吸收带(线)中与人类关系最大的当属对紫外线的吸收了,其中最强的吸收带是位于波长小于 $0.34\mu\text{m}$ 的哈脱莱带。

臭氧吸收紫外线过程如下:



臭氧在吸收紫外线后将其转化成热能,这就是前面所述的中间层 $50\text{--}60\text{km}$ 处有一温度最高点的缘故。

人类活动对臭氧层的影响

人类活动会造成对臭氧层的影响,其中对臭氧层影响最大的应属氮氧化物和氟氯烷等。前者主要是超音速飞机飞行时排放的 NO 及农业肥料中所排放的 N_2O , 后者则主要来源于电冰箱等冷冻设备所释放的氟里昂。

氮化合物主要包括 NO , NO_2 和 N_2O 。当 NO 与臭氧作用时会产生二氧化氮分子,二氧化氮又和氧原子作用生成一氧化氮及氧分子。氟里昂-11 (CFCl_3) 和氟里昂-12 (CF_2Cl_2) 在光化学反应中首先离解出氯原子,氯原子与臭氧作用的结果会生成氧原子及氧化氯,氧化氯又会与氧原子生成氯原子及氧分子。由此可见,一氧化氮及氯原子在臭氧分解中起了催化剂作用。

大气中臭氧的减少会给人类带来生物学和气候学两方面的严重后果。前者会导致皮肤癌及白内障等发病率的增加,后者则会使中间层和同温层变冷同时地表变热。正是基于上述原因,人们目前正通过各种有效途径减少氮氧化物和氟里昂等进入大气。制造“无氟”冰箱就是大家所熟知的措施之一。