



大气污染与天空色彩

毛建西

(河南城建高等专科学校 平顶山 467001)

在大气污染较轻的地区,你仰望晴朗的天空,会看到蔚蓝色的天空飘着一朵朵白云.每当早晨或黄昏,你还可看到美丽的云霞(朝霞或晚霞)和火红的太阳.而正午太阳呈白色.在大气污染较重的地区,你就难得看到上述现象.在那里,即使是晴朗的日子,天空也是灰色的.正午太阳却泛红色.怎样解释这些现象呢?让我们用涨落理论及光的散射给予简单说明.

在光学性质完全均匀的物质中,由于物质的原子性结构而存在的不均匀性远小于波长,可略去不计,故光的散射作用不应该发生.但实际上,甚至用最精密的方法除去气体或液体中所有尘埃和一切悬浮微粒时,也还在某种程度上可以观察到散射光,这是由于物质分子密度的涨落引起的.因为密度的起伏取决于分子的无规则运动,所以这种散射称为分子散射.由涨落理论可以得到关系式:

$$\left\langle \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^2 \right\rangle = \frac{1}{N} \quad (1)$$

式中 $\left\langle \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^2 \right\rangle$ 是分子数密度的均方偏差,用以表征密度涨落的大小; N 是某一体积中的分子数目.在通常情况下,分子数目很多,因而密度的涨落很小,约为亿分之一.但是我们可以设想,空气是由一块一块极小的体积所组成,每一小体积的线度小至可见光波长的数量级,比如:在线度为 $6000\text{\AA} = 6 \times 10^{-5}\text{cm}$ 的小体积中,分子数约为 $N = 6 \times 10^6$ 个,则密度涨落为

$$\begin{aligned} \sqrt{\langle \xi^2 \rangle} &= \sqrt{\left\langle \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^2 \right\rangle} \\ &= \frac{1}{\sqrt{N}} = 5 \times 10^{-4} = 0.05\% \end{aligned}$$

这样数量级的涨落足以使空气的折射率发生变化.在此情况下光的分子散射遵从瑞利散射定律:

$$I_s = \frac{2\pi^2 V^2}{\lambda^4} \left(\frac{\Delta n}{n} \right)^2 \quad (2)$$

I_s 为当通过单位面积的单位强度的入射光射入一个小体积 V 之后,在垂直于入射光的方向每单位立体角所散射的光强度, Δn 为折射率的偏差,(这种偏差如上所述是由分子密度涨落引起的).

散射会使光在原传播方向上的光强减弱,它遵从下列指数规律:

$$I = I_0 e^{-(\alpha_a + \alpha_s)l} = I_0 e^{-\alpha l}$$

α_a 为吸收系数, α_s 为散射系数,其两者之和 α 称为衰减系数.

由瑞利定律式(2),我们清楚地看到,散射光的强度与入射光波长的四次方成反比,这说明了散射光中短波占优势,所以观察白光散射时带青蓝色,而直接通过散射物质的光,由于缺少了短波成分,便显得比较红.例如,红光的波长($\lambda = 7200\text{\AA}$)是紫光($\lambda = 4000\text{\AA}$)的1.8倍,根据瑞利定律,紫光的散射大约是红光的 $(1.8)^4$ 倍,即10倍.但只有在微粒线度或涨落的不均匀性比光波的波长小的情况下,才能观察到这种符合瑞利定律的散射;倘若空气中杂质微粒的线度显著地超过光波波长,那么散射强度与波长的关系是不显著的,而且不遵守上述的瑞利定律,所有各色光均以相同的强度反射或漫射散开.

现在我们来解释开始提到的现象.我们知道,地球的四周被厚厚的一层大气包围着(如图1所示),这层大气使太阳光发生散射,一部分光脱离原来的方向散射到其他方向上去,使得原方向的光强度减弱.天空的蓝色就是由于空

激光测速的物理学原理

仇九子

(武警部队学院 廊坊 065000)

激光测速是继激光器出现以后发展起来的一门集物理、电子学和计算机知识于一体的现代科学技术。利用激光测速仪可测量物体的线速度。将激光陀螺仪安装在飞机、导弹、潜艇等运载器上,可监测运载器在航行中的转动角速度,从而准确掌握它们的航向。本文简要介绍激光测速的物理学原理。

一、用激光测量线速度的原理

1. 参考光束型测速仪

参考光束型测速仪是利用光的多普勒效应测量速度的,其基本原理如图1所示。A为激光器,B为待测物体,D为光电接收器。其中,A和D固定在惯性系中,B相对于A以速度 u 运动。

在某一时刻,由激光器A向物体B发射一束频率为 ν_0 的激光。由光的多普勒效应可知,在 u 远小于光速的情况下,物体B接收到的激光频率 ν' 近似为

$$\nu' = (1 - u \cos \theta_1 / c) \nu_0 \quad (1)$$

式中, c 为光速, θ_1 为 u 与 AB 连线的夹角。

物体B在接收到激光的同时,向周围空间发射频率为 ν' 的散射光。同样,由光的多普勒效应,光电接收器D接收到的散射光频率 ν 为

$$\begin{aligned} \nu &= (1 - u \cos \theta_2 / c) \nu' \\ &= (1 - u \cos \theta_2 / c) (1 - u \cos \theta_1 / c) \nu_0 \end{aligned} \quad (2)$$

式中, θ_2 为 u 与 DB 连线的夹角。

在实际应用中,通常将A和D安装在一起,故而有 $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ 。则(2)式略去二次项,近似为

$$\nu = (1 - 2u \cos \theta / c) \nu_0 \quad (3)$$

则激光器出射激光的频率 ν_0 与光电接收器

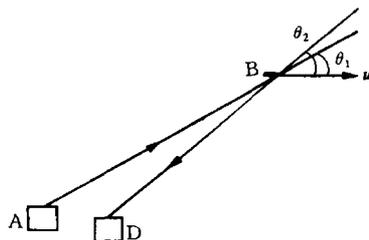


图 1

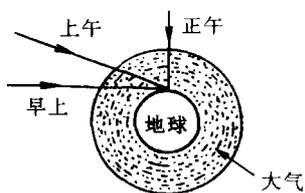


图 1

气分子对光的散射引起的。因为蓝光波长为 4400\AA ,红光波长为 7200\AA ,所以蓝色光较红色光散射得多,由此很容易解释晴朗天空的蓝色。在大气污染较重的地区,之所以很难看到蓝色的天空,一方面由于大气中烟尘的微小颗粒对光的散射减弱了光强,另一方面蓝光又被这些烟尘散射,天空由此呈灰青色。至于日出日落时太阳为什么是红色的,除了由于太阳光通过

较厚的大气层(约为中午的70~80倍,如图1所示)而受到更厉害的散射之外,还由于靠近地球表面的空气中的烟尘小颗粒也对其产生强烈的散射。因为波长较短的紫光大部分被散射掉了,剩下的红光占优势,所以在早晨或黄昏时我们看到的太阳是红色的。由图1我们还清楚地看到,正午日光所走过的路径较短,仅有很少的蓝光和紫光被散射,因此太阳仍呈白色。但在大气污染较重的地区,由于烟尘微粒的强烈散射,所以正午太阳泛红色。

蓝天中的白云及朝霞晚霞的产生是由于空气中凝结的小水滴(其线度远大于可见光波长)能对可见光以相同的光强反射或漫射散开。因此,云仍是白色的,但远方云漫射的白光经远距离的大气层散射达到观察者时呈彩色。