

大气污染与天空的颜色

伍林 李汝恒 编译

(云南教育学院物理系 昆明 650031)

自然界中绚丽多彩的晚霞和日出东方时的壮观景象是任何一位艺术家都难以描绘的。但是很少人知道我们目睹的大部分落日的颜色是大气污染造成的。城市的落日和空气清新的乡村落日不同。在有些情况下，火山口喷发的灰烬又能引起天色调色板颜色的改变，使太阳呈现出蓝色或绿色。

在非常洁净、未受污染的大气中，落日的颜色特别鲜明。太阳是灿烂的黄色，同时邻近的天空呈现出橙色和黄色。当落日缓缓地消失在地平线下面时，天空的颜色逐渐从橙色变为蓝色。即使太阳消失以后，贴近地平线的云层仍继续反射着太阳的光芒。因为天空的蓝色和云层反射的红色太阳光融合在一起，所以较高天空中的薄云呈现出红紫色。几分钟后，天空充满了淡淡的蓝色，它颜色逐渐加深，向高空延展。但在一个高度工业化的区域，污染物以微粒的形式悬浮在空中时，天空的颜色便截然不同了。圆圆的太阳呈现出桔红色，同时天空一片暗红。红色明暗的不同反映着污染物的厚度。有时落日以后，西面的天空出现两道宽宽的颜色，地平线附近是暗红色，而它的上方是暗蓝色。当污染格外严重时，太阳看上去就像一只暗红色的圆盘。甚至在它到达地平线前，它的颜色就会逐渐褪去。



为什么在洁净的空气中太阳呈现出黄色，

同时天空呈现出蓝色呢？在 19 世纪末期瑞利爵士首先对此作出了解释。在地球表面的人们是透过经空气散射的太阳光看天空的。在洁净，未受污染的大气中，大部分的散射是由空气中的分子——主要是氧和氮分子——引起这些分子的大小比可见光的波长要小得多。瑞利的理论指出，在这样的情况下，散射主要影响波长较短的光。因为蓝色位于光谱的后面，所以天空本身呈现出蓝色。太阳光直接穿透空气，在散射过程中它失去许多蓝色，所以太阳本身呈现出灿烂的黄色。

根据瑞利的理论，当光波波长减少时，散射的程度急剧加强。所以光波波长最短的紫色光应该散射最强，而靛青、蓝色和绿色的光散射要少得多。那么为什么我们看见的是蓝天，而不是紫色和靛色的天空呢？当散射的光穿过空气时，吸收使它丧失了许多能量。这些能量损失对于波长很短的紫光和靛色光是巨大的。虽然它们散射很强烈，同时它们也被强烈的吸收了。我们所目睹的天空颜色是光谱中蓝色附近颜色的混

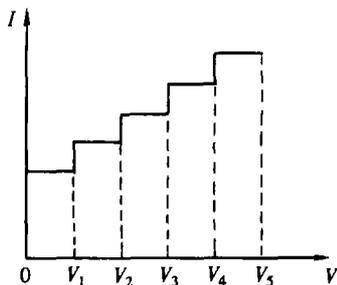


图 6

出现结电压为 $V = V_n = n \frac{\hbar\omega_0}{2e}$ 的直流电流。于是，结的伏安特性曲线便呈现夏皮罗台阶状，如图 6 所示。这表明，结电压也是量子化的。由于 e, h 均为基本物理常数，精度很高，而微波频率又可高精度地测定，因此，利用 V_n 可实现精确的电压标准（约瑟夫森电压标准）。1990 年元旦，国际计量局已将之颁布用来定义新的电压标准（伏特）。据此，又可制作高精度的伏特计。

合色,它们呈现出来的就是蔚蓝天空的颜色。

除了散射外,太阳光还被空气中的臭氧分子和水蒸汽所吸收。因为空气层散射和吸收的共同作用,最终到达地面的太阳光消耗了许多能量。正因为能量的损失,所以我们可以欣赏日出和日落的美景,白天用肉眼直视太阳是很危险的。

在黎明或是傍晚,观察者看太阳是通过斜着到达地面的太阳光,它们穿过空气的许多层,尤其是贴近地面的浓密大气层。在太阳光到达观察者的眼中之前,通过散射和吸收,太阳光的强度大为减弱,所以太阳看上去黯淡得多。在中午时,太阳光以与地球表面成近乎90度的直角到达观察者眼中,它透过的空气层稀薄得多。结果太阳光强度衰减很少。在一天的大部分时间,直视太阳都会使人头晕目眩。

在太阳刚刚落山前,你会看到太阳圆盘的周围有一圈灿烂的红色光环。这个光环是太阳光被远大于空气分子的颗粒——通常是悬浮在地球附近空中的灰尘折射的结果。这个光环看上去从太阳圆盘的中心向外延伸了大约3倍。因为光环延伸的角度取决于光波波长和微粒的大小,所以估计折射的颗粒直径大约为尘埃颗粒的大小。如果一阵大雨在落日前清洗了一遍空气的话,在落日时通常就看不到这个光环。瑞利未能明确地解释受污染的空气问题。他的理论指出光的散射强度将随着散射颗粒的增大而急剧增强。但瑞利的理论只适用于比光波波长小得多的微粒,例如空气分子;对于直径超过0.025毫米的颗粒就不适用了。在当今的工业社会,污染物通常是悬浮的微粒,它们由直径从0.01到10毫米不等的微粒组成。瑞利的理论不能用于解释这一现象。后来,戈什塔夫·麦提出了一个更为普遍的理论,它所覆盖的颗粒大小范围更大。这个理论指出,如果空气中有足够大的颗粒,它们将决定散射的情况。麦的散射理论可以解释我们看见的城市天空的景象。颗粒越大,散射光越多,同时散射的效果取决于波长。散射不仅在光谱的蓝色区域强烈,而且在绿到黄色部分也很强。

所以穿过了许多受过污染的空气层的太阳

光强度削弱了许多,同时看上去更红一些,它已经失去了它的蓝色,黄色和绿色成分。除了散射外,像臭氧和水蒸汽还会额外地吸收光能。结果圆圆的太阳呈现出黯淡、桔红的颜色。但在受污染的空气中天空本身的颜色又如何呢?悬浮在空中的污染物时间一久便会聚集成层,较大的颗粒在地面附近形成了较浓密层。当太阳光穿透这些层时,它逐渐褪色,呈现出桔红色。散射的光失去了大量波长较短的光波,结果主要是红光得以穿透。天空呈现出暗红色;因为散射的光需要穿过较低空气中愈来愈浓密的空气层,所以在地球表面附近红色越来越浓。你所看到的落日的类型主要取决于你所处的地方。在地面上,落日的亮度和颜色取决于季节和当地每天的大气状况。人在高处所看见的日出和日落的景色完全不同。有时日落后,站在一平面的观察者能看到贴近西面地平线的一小部分空气散射的太阳光。

在日出时,在太阳升起之前散射的光便可以看见。对于落日而言,这块天空的颜色取决于大气状况。日出前天空中呈现的鲜艳的颜色,例如橙黄色、紫色和深蓝色表明东面的大气相对而言没受污染。一旦太阳升起来,大部分天空变成了蓝色,只有在贴近地面的部分呈现出一段狭窄的橙色和黄色。

对于一位博学多闻的人,傍晚的天空能够揭示出大气受污染的情况。天然的“污染”也会影响天空颜色,尤其是当火山喷发出大量的灰、热气体和水蒸气进入大气时。灰尘的颗粒和其他一些微粒最终在离地面15到20千米之间的地方聚集成层。这个空气层散射太阳光的效果格外鲜明,绚丽多彩,尤其是在黄昏时分,火山喷发几年之后还能看到这种景象。

这些引人入胜的景色并不能弥补污染的其他不利之处,无论污染是由天然造成还是人为的。但至少污染物颗粒通过绚丽多彩的天空颜色的微妙变化显示了它们的存在。我们有责任禁止污染物排入大气。城市日落一旦出现暗红色,那便是对我们的警告。只有这样,才能保证我们的子孙后代能继续欣赏明朗的天空。