

文章编号: 1001-4322(2008)02-0183-06

## 合肥地区大气折射率结构常数高度分布模式\*

孙 刚, 翁宁泉, 肖黎明

(中国科学院 安徽光学精密机械研究所 大气光学中心, 合肥 230031)

**摘 要:** 利用 QHTP-2 型温度脉动探空仪对合肥地区大气折射率结构常数进行了长期连续的实地探空测量, 对大量探空实验数据的统计分析得出合肥地区(0~25 km)折射率结构常数随高度分布廓线, 并以国际广泛应用的 Hufnagel-Valley 模式为基础拟合得出合肥地区大气折射率结构常数统计模式廓线。研究发现: 合肥地区大气湍流随高度分布廓线存在明显的昼夜和季节变化, 大气湍流在随高度增加而减小的趋势上叠加了随机起伏, 并具有鲜明的跳跃式结构; 合肥地区的高空湍流模式廓线较好地符合实测的平均廓线, 能反映自由大气中湍流随高度分布的重要特征——指数递减和对流层增强。

**关键词:** 应用光学; 大气湍流; 大气折射率结构常数; 廓线; 模式

**中图分类号:** O437 **文献标识码:** A

光波在大气中传播时, 会受到大气湍流的影响而产生各种效应, 如闪烁、相位起伏等, 大气湍流影响光波主要是由于大气湍流所引起的大气折射率起伏造成的, 随机起伏的湍流会引起折射率的随机起伏, 使大气变成一种随机起伏的介质, 破坏光波的相干性。尤其是随着现代非线性动力学的进展, 大气湍流在各种时空尺度大气过程的突变及其可预报性中可能扮演着重要的角色。因此, 大气湍流研究在大气科学中的地位与意义日益突出。由于大气湍流对光波的传播起着破坏性作用, 若能充分掌握湍流效应的规律, 就可为正确和妥善使用激光工程提供依据, 同时也可利用湍流效应提供的信息进行湍流特征和大气性质的遥感探测提供理论基础。

本文主要利用大量实地探空测量数据统计分析得出了合肥地区(0~25 km)大气湍流强度随高度分布廓线, 研究了大气湍流随高度分布结构的昼夜变化和季节变化特征, 并以 Hufnagel-Valley 模式为基础拟合得出合肥地区高空湍流统计模式廓线。

## 1 实验测量

在讨论光波传播中的大气湍流效应时, 主要是关心小尺度湍流运动, 这通常满足 Kolmogorov 局地均匀各向同性的假定。Kolmogorov 的理论是在速度起伏的基础上推导的, 但在小尺度的情况下温度起伏或折射率起伏同样可以认为满足局地均匀各向同性的假定和结构函数的“2/3”定律<sup>[1]</sup>。具体情况表示为

$$D_n(r) = \langle [n(r_1 + r) - n(r_1)]^2 \rangle = C_n^2 r^{2/3} \quad (1)$$

$$D_T(r) = \langle [T(r_1 + r) - T(r_1)]^2 \rangle = C_T^2 r^{2/3} \quad (2)$$

式中:  $\langle \rangle$  表示系综平均;  $D_n(r)$  和  $D_T(r)$  分别是折射率和温度的结构函数;  $C_n^2$  和  $C_T^2$  分别是折射率和温度的结构常数;  $n$  为折射率;  $T$  为大气温度。对于局地均匀各向同性的湍流, 通常用结构常数可以表示湍流的强度, 大气折射率结构常数  $C_n^2$  是表示大气光学湍流强度的一个重要参数<sup>[2-5]</sup>。

$C_n^2$  和  $C_T^2$  之间的关系为

$$C_n^2 = \left(79 \frac{p}{T^2}\right)^2 C_T^2 \times 10^{-12} \quad (3)$$

式中:  $p$  为大气压力。这就是折射率结构常数直接测量的依据和方法<sup>[6]</sup>。

大气温度结构常数  $C_T^2$  的测量采用了安徽光机所研制的 QHTP-2 型温度脉动探空仪<sup>[7]</sup>, 它安装在气象用的 120 号气球上, 气球的上升速度为 300 m/min。探测器使用两个相距 1 m、长度 2.4 cm、直径 10  $\mu$ m 的铂丝电阻, 测量两点的温度差  $T_1 - T_2$ , 频率响应范围是 0.05~30 Hz, 系统噪声 0.002 K。信号用调频方式调制在 400 MHz 的载波上, 由发射机发射到地面, 由 GTK-400 探空接收机接收, 再解调后由计算机串行口直接采

\* 收稿日期: 2007-07-20; 修订日期: 2007-12-06

基金项目: 国家高技术发展计划项目

作者简介: 孙 刚(1977—), 男, 硕士, 主要从事光激光大气传输的研究; gsun@aiofm.ac.cn.

集,每秒钟采集 100 次,采样 2.5 s。测量得到两点的温度脉动差值,平均则得到大气温度结构常数<sup>[8]</sup>

$$C_T^2 = \frac{(T_1 - T_2)^2}{r^{2/3}} \quad (4)$$

QHTP-2 型温度脉动探空仪同时装有温度传感器和气压传感器,可以实时得到仪器所在高度的温度值和气压值。由压高公式就可以准确得到仪器实时的飞行高度。由式(3)和(4)就可以计算出不同高度的大气折射率结构常数  $C_n^2$ 。

从 2005 年 1 月到 2005 年 12 月,在合肥地区共施放了近 240 份探空,利用探空气球携带自行研制的 QHTP-2 型高灵敏度温度脉动探空仪测量大气折射率结构常数  $C_n^2$ 、大气温度和气压,探空气球施放地点位于合肥市西郊董铺水库中间的半岛上。气球的探测高度一般在 20 km 以上,其中很多接近 35 km 的高度。施放的天气条件一般选择在晴朗的天气,从早晨 8 时至夜间 10 时连续施放。每天的施放探空个数平均为 5 次,有时根据实际天气状况有所变化。

合肥地处由亚热带向暖温带过渡的湿润气候地区<sup>[9]</sup>,季风气候明显,常年湿润多雨、气候温和,温度梯度和风速梯度变化不大。通过对上述大量探空实验数据的统计分析得出了合肥地区  $C_n^2$  随高度变化的垂直分布特性,并以此为基础对合肥地区  $C_n^2$  的垂直分布模式进行了研究。

## 2 实验结果和分析讨论

### 2.1 合肥地区大气折射率结构常数分布廓线

大气湍流强度随高度的分布非常复杂,在受到地球复杂表面和各种天气条件影响的大气边界层(白天一般在 1~2 km 高度),大气折射率结构常数  $C_n^2$  主要受到地面热辐射引起的不稳定对流的影响。在自由大气中,大气折射率结构常数  $C_n^2$  主要受到温度梯度和风速梯度的综合作用<sup>[10]</sup>。

图 1 是在合肥地区用 QHTP-2 型高灵敏度温度脉动探空仪实测的大气折射率结构常数  $C_n^2$  随高度分布的平均廓线。测量时间从 2005 年 1 月到 2005 年 12 月,测量高度为 0~30 km,数据按白天和夜间进行分类,为了更细致地了解  $C_n^2$  随高度的变化规律,从 0~2 km 用 50 m 为一层作平均,2 km 以上用 200 m 为一层作平均。从图中可以看出,一般低层的  $C_n^2$  比高层的大, $C_n^2$  随着高度的增加有逐渐减小的趋势。地面的  $C_n^2$  一般在  $10^{-15}$ ~ $10^{-14}$   $m^{-2/3}$ ,随着高度的上升, $C_n^2$  迅速减小,在 1~1.5 km 减小趋缓,并有少量的增大趋势,白天的  $C_n^2$  大约在 2 km 处有所增大,夜间的  $C_n^2$  大约在 1.7 km 处有所增大,由于在此高度范围内正好存在覆盖逆温层<sup>[11]</sup>,对  $C_n^2$  的变化趋势会有所影响。从 3 km 开始  $C_n^2$  随着高度的增加逐渐递减趋于稳定,伴有少量的起伏波动,白天在  $10^{-17}$   $m^{-2/3}$  左右,夜间在  $10^{-18}$   $m^{-2/3}$  左右。白天  $C_n^2$  减小的趋势较缓和,夜间  $C_n^2$  减小幅度较大,在 20 km 处已降至  $10^{-19}$   $m^{-2/3}$  左右;而白天的  $C_n^2$  在 20 km 之下一直维持在  $10^{-17}$   $m^{-2/3}$  左右,在此期间  $C_n^2$  同样有不同程度的起伏波动,夜间的波动幅度较大。从廓线的整体来看,白天的湍流比夜间的湍流要高 1~2 个量级,这些现象都说明合肥地区  $C_n^2$  随高度变化的昼夜差别。

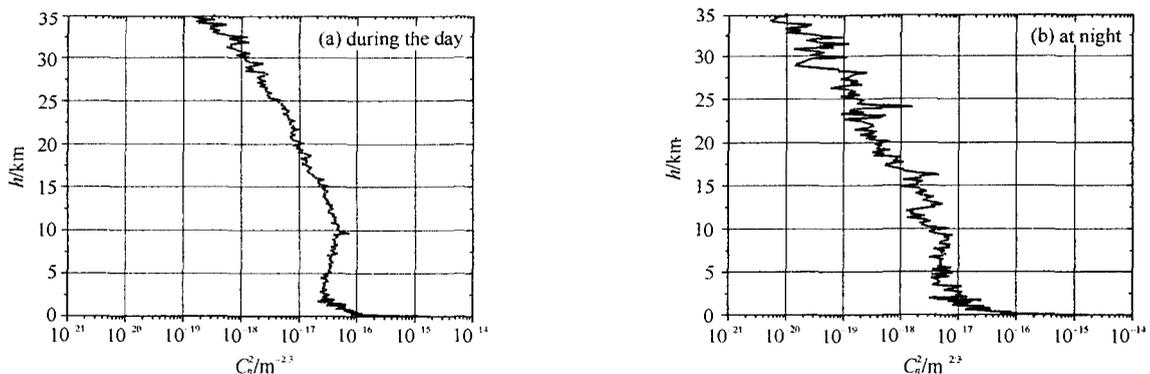


Fig. 1 Average profile of structure constant of refractive index measured in Hefei

图 1 合肥地区昼夜大气湍流强度平均廓线

由于大气折射率结构常数  $C_n^2$  在不同时间和不同季节随高度的变化都不相同,因此对  $C_n^2$  不同季节随高度变化规律的研究也非常必要。图 2 是在合肥地区不同季节的  $C_n^2$  随高度分布的平均廓线。数据按春、夏、秋、冬不同季节进行分类,在高度上同样分别用 50 m 和 200 m 为一层作平均。从图中可以看出,不同季节  $C_n^2$  随高

度的分布是有差别的。4 个季节  $C_n^2$  廓线从整体来看变化趋势大体相同,即低层的  $C_n^2$  比高层的大, $C_n^2$  随高度的增加有逐渐减小的趋势,但各自的变化特点却不相同。地面的  $C_n^2$  一般在  $10^{-15} \sim 10^{-14} \text{ m}^{-2/3}$ ,随着高度的上升, $C_n^2$  迅速减小,4 个季节的  $C_n^2$  随高度的变化各不相同,其中春、秋两季  $C_n^2$  的变化趋势大体一致,在 15 km 以下基本维持在  $10^{-17} \text{ m}^{-2/3}$  左右,从 15 km 以上开始减小趋势逐渐增大;夏季  $C_n^2$  的变化略有不同,在 25 km 以下一直保持在  $10^{-17} \text{ m}^{-2/3}$  左右,从 25 km 开始迅速减小;在 30 km 以上,3 个季节的  $C_n^2$  均减小到  $10^{-19} \text{ m}^{-2/3}$  左右。这表明在局部高度区间不同季节的大气湍流强度基本一致,四季的  $C_n^2$  整体都是缓慢递减,在此期间均有不同程度的波动。由于不同季节天气条件的限制,各个季节的探测高度均有不同。

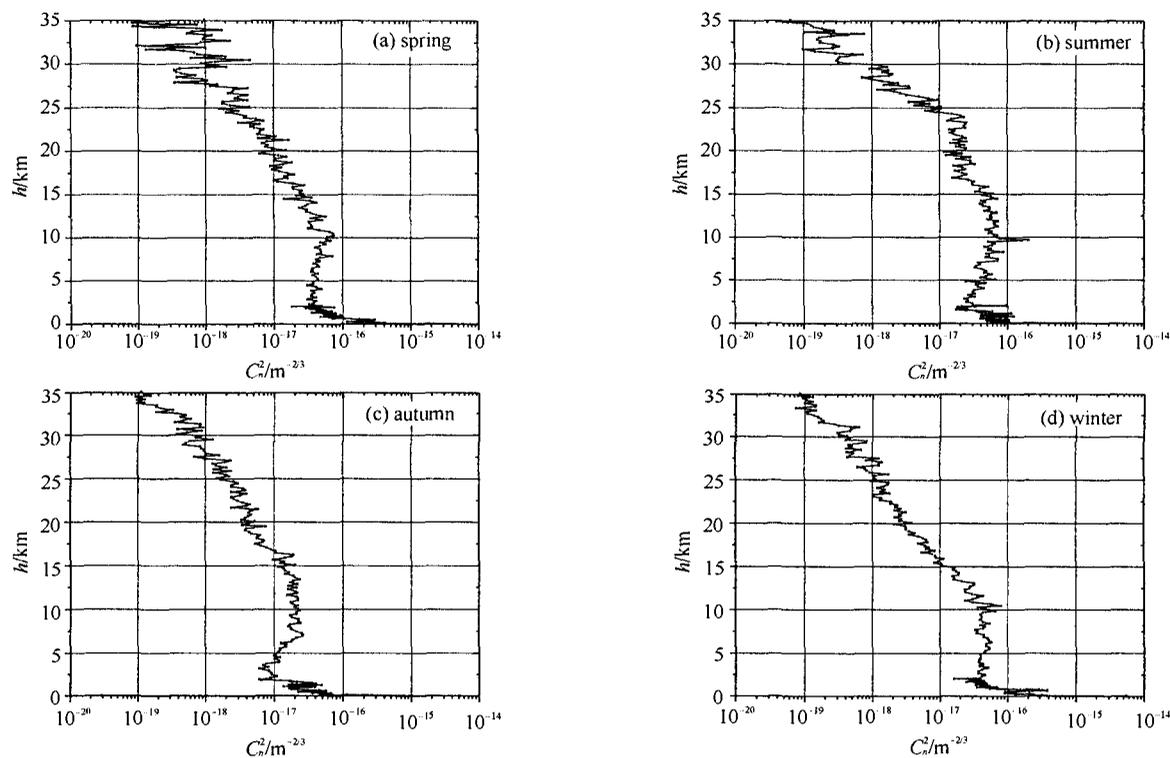


Fig. 2 Average profile of structure constant of refractive index in four seasons in Hefei

图 2 合肥地区四季大气湍流强度平均廓线

由以上的分析可以得出,合肥地区大气折射率结构常数  $C_n^2$  分布廓线在不同时间和不同季节随高度的变化都是不相同的。从图中不难看出  $C_n^2$  具有明显的成层结构,在整个高度上会不规则地出现湍流较强的层和湍流较弱的层。这种成层结构在  $C_n^2$  的观测中普遍存在,这是由于湍流在时间和空间上的间歇性引起的,它也反映出  $C_n^2$  是一个随时间和高度变化的复杂的大气参量。

## 2.2 大气折射率结构常数统计模式的研究

在工程实践中,因实时获得大气折射率结构常数  $C_n^2$  有一定的困难,通常用大气折射率结构常数  $C_n^2$  平均模式来计算其廓线及其对光波传输的影响,获得模式廓线的方法通常是对实验观测数据进行统计平均来拟合。根据我们实验地点的气候、纬度、地表特征等实际情况,选取 Hufnagel-Valley 模式为基础对实验数据进行统计平均拟合,Hufnagel 提出了根据实验资料进行拟合的多种拟合公式<sup>[12]</sup>,常用的 Hufnagel-Valley 公式为

$$C_n^2 = a_1 h^c e^{-\frac{h}{b_1}} + a_2 e^{-\frac{h}{b_2}} + a_3 e^{-\frac{h}{b_3}} \quad (5)$$

式中: $h$  是高度,单位是 km; $a, b, c$  为拟合参数。

模式的表达式有三项:第一项表示在对流层顶经常出现的强湍流层状况(图 3 中曲线 1),分别由 3 个参数控制,其中  $b_1$  和  $c$  联合调节了强湍流层的高度和厚度, $c$  越大强湍流层的高度越高, $b_1$  一般小于 1,它越大强湍流层越厚, $a_1$  则在其它两个参数确定后调解强湍流层的强度;第二项表示边界层中的湍流状况(图 3 中曲线 2),由两个参数控制, $a_2$  表示边界层湍流强弱,它越大边界层湍流越强, $b_2$  表示边界层湍流的递减率,它越小湍流随高度递减越快,也就是边界层越薄;第三项表示自由大气中湍流的状况(图 3 中曲线 3), $a_3$  表示整层大气湍流的强弱, $b_3$  表示整层大气整体随高度递减的趋势,它越小整层湍流递减越快。

根据在合肥地区利用 QHTP-2 型温度脉动探空仪实测的大气折射率结构常数  $C_n^2$  统计平均廓线,以 Hufnagel-Valley 拟合模式公式(5)为基础,根据我们实际测量的实验数据对其参数进行调配,给出了合肥地区的拟合模式。Hufnagel-Valley 模式中有 7 个不同的参数,每个参数均有特定的含义,在各个参数调配的过程中,始终应该以实测的  $C_n^2$  统计平均廓线为标准,尽可能地使 Hufnagel-Valley 模式廓线较好地符合合肥地区的  $C_n^2$  统计平均廓线,对 7 个不同参数进行细微调配的同时,还应注意使平均廓线及其相应的拟合模式廓线比值的对数方差最小,我们设  $A_i$  为实测  $C_n^2$  的平均廓线数据,  $B_i$  为相应拟合模式廓线数据,  $C_i$  为二者比值的对数值,即

$$C_i = \lg(A_i/B_i) \quad (6)$$

$$\sigma_c^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (C_i - \bar{C})^2 \quad (7)$$

式中:  $N$  为整数;  $\sigma_c^2$  则为  $C_i$  的方差,在拟合过程中应该使  $\sigma_c^2$  尽可能最小,这样才能使两条廓线尽可能的吻合。当  $\sigma_c^2$  为最小值时,拟合模式中的 7 个参数也就相应的确定。在确定模式各个相应参数的同时,还应该参考 2.1 节中具体分析讨论的不同时间大气湍流的强弱和分布特性,使得拟合出的模式廓线真正符合合肥地区实际的大气湍流状况。

以 Hufnagel-Valley 拟合模式公式(5)为基础,根据我们实验数据给出的合肥地区的  $C_n^2$  拟合模式为:

白天 
$$C_n^2 = 8.0 \times 10^{-26} h^{13.5} e^{-\frac{h}{0.88}} + 1.95 \times 10^{-15} e^{-\frac{h}{0.11}} + 8.0 \times 10^{-17} e^{-\frac{h}{7.5}} \quad (8)$$

夜间 
$$C_n^2 = 2.8 \times 10^{-29} h^{17} e^{-\frac{h}{0.7}} + 2.1 \times 10^{-15} e^{-\frac{h}{0.10}} + 2.0 \times 10^{-17} e^{-\frac{h}{4.8}} \quad (9)$$

平均 
$$C_n^2 = 4.0 \times 10^{-26} h^{15.3} e^{-\frac{h}{0.79}} + 2.0 \times 10^{-15} e^{-\frac{h}{0.16}} + 5.0 \times 10^{-17} e^{-\frac{h}{6.15}} \quad (10)$$

图 4 是根据 Hufnagel-Valley 拟合模式,在合肥地区白天和夜间平均廓线基础上拟合出的不同时间  $C_n^2$  随高度变化的拟合模式廓线。从图中可以看出,拟合廓线比较好地符合实际测量数据的平均廓线。白天模式廓线在  $10^{-18} \sim 10^{-15} \text{ m}^{-2/3}$  范围内,夜间模式廓线在  $10^{-20} \sim 10^{-15} \text{ m}^{-2/3}$  范围内,白天的  $C_n^2$  比夜间的要大 1~2 个数量级。大气湍流强度总体来说是随高度减弱的,在十几 km 的对流层顶处  $C_n^2$  的数值略有增大,但总的趋势是随高度的增加而减小。白天  $C_n^2$  随高度减小的趋势比夜间的减小趋势要缓和;夜间  $C_n^2$  的减小量较大,从  $10^{-15} \text{ m}^{-2/3}$  一直减小到  $10^{-20} \text{ m}^{-2/3}$ ,期间有 5 个量级的变化;夜间  $C_n^2$  的随机起伏量比白天大。

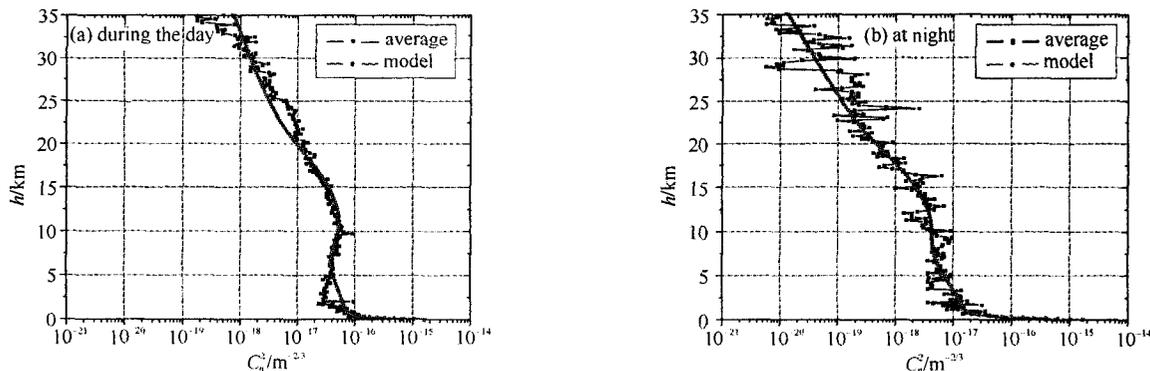


Fig. 4 Profile of structure constant of refractive index fitting model in Hefei

图 4 合肥地区昼夜大气湍流强度拟合模拟廓线

合肥地区四季  $C_n^2$  拟合模式为:

春季 
$$C_n^2 = 8.0 \times 10^{-26} h^{13.5} e^{-\frac{h}{0.88}} + 1.95 \times 10^{-15} e^{-\frac{h}{0.11}} + 8.0 \times 10^{-17} e^{-\frac{h}{7.5}} \quad (11)$$

夏季 
$$C_n^2 = 2.8 \times 10^{-29} h^{17} e^{-\frac{h}{0.7}} + 2.1 \times 10^{-15} e^{-\frac{h}{0.10}} + 2.0 \times 10^{-17} e^{-\frac{h}{4.8}} \quad (12)$$

秋季  $C_n^2 = 3.0 \times 10^{-27} h^{14.9} e^{-\frac{h}{0.8}} + 5.5 \times 10^{-15} e^{-\frac{h}{0.01}} + 6.0 \times 10^{-17} e^{-\frac{h}{6.0}}$  (13)

冬季  $C_n^2 = 1.2 \times 10^{-26} h^{15.5} e^{-\frac{h}{0.7}} + 7.4 \times 10^{-15} e^{-\frac{h}{0.08}} + 6.0 \times 10^{-17} e^{-\frac{h}{6.0}}$  (14)

图 5 是根据 Hufnagel-Valley 拟合模式,在合肥地区春、夏、秋、冬 4 个不同季节平均廓线基础上拟合出的四季  $C_n^2$  随高度变化的拟合模式廓线。从图中可以看出,四季的拟合廓线比较好地符合四季实际测量数据的平均廓线,只是在局部略有差距。四季模式廓线均在  $10^{-19} \sim 10^{-15} m^{-2/3}$  范围内,但各自的变化趋势不相同,在局部高度区间有重叠,大气湍流强度总体来说都是随高度减弱的,同样的在十几 km 的对流层顶处  $C_n^2$  的数值略有增大,但总的趋势是随高度的增加而减小,在这期间均有不同程度的随机波动。

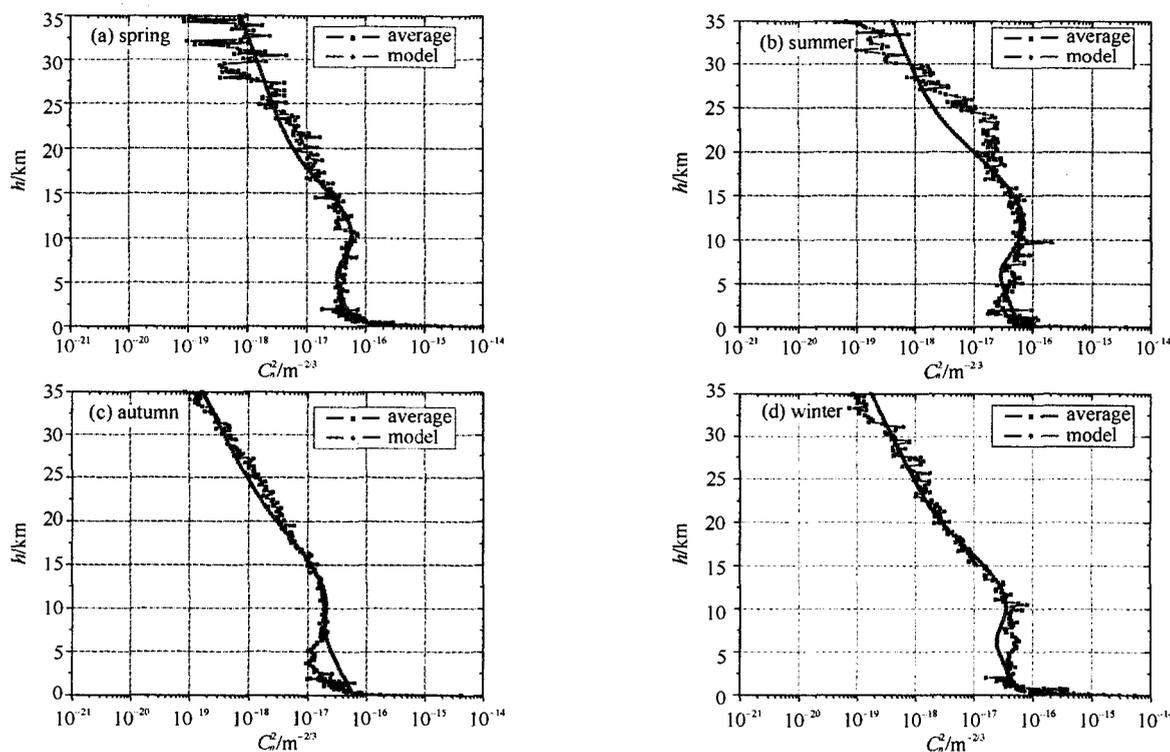


Fig. 5 Profile of structure constant of refractive index fitting model in four seasons in Hefei

图 5 合肥地区四季大气湍流强度拟合模式廓线

需要注意的是, Hufnagel-Valley 拟合模式是一个和气象条件存在依赖性的大气湍流模式,因此在使用过程中应该注意不同地区和不同时间的气象条件对模式的影响,我们所用的实验数据一般是在晴朗少云的天气条件下得到的。

### 3 结 论

通过以上对合肥地区的大气折射率结构常数分布廓线和统计模式的分析研究,可以得出以下结论:

(1) 合肥地区的分布廓线存在明显的昼夜和季节变化。从廓线的整体来看,合肥地区白天的湍流比夜间的湍流均要大 1~2 个量级,不同季节的  $C_n^2$  分布廓线也存在差异。

(2)  $C_n^2$  在随高度减小的起伏上叠加了随机的起伏,有些层次会出现强湍流或者强湍流团。这些强湍流的层次在不同时间、不同地点的探空实验中会出现在不同的高度,这也表明  $C_n^2$  在时空分布上的不均匀性。

(3)  $C_n^2$  随高度的变化不是一个缓变函数,具有鲜明的跳跃式结构;湍流强度总体来说是随高度减弱的,在十几 km 的对流层顶处  $C_n^2$  的数值稍有增大。 $C_n^2$  随高度分布具有明显的成层结构,在整个高度上会不规则地出现湍流较强的层次和湍流较弱的层次。这种成层结构在  $C_n^2$  的观测中普遍存在,这是由于湍流在时间和空间上的间歇性引起的,也反映出  $C_n^2$  是一个随时间和高度变化的复杂的大气参量。

(4) 合肥地区  $C_n^2$  的昼夜变化和季节变化的统计模式廓线较好地符合实测的平均廓线,偏差不大,尽管模式中的参数在不同时间和不同季节各不相同,却能较好地反映自由大气中湍流随高度分布的重要特征——指数递减和对流层增强。由于 Hufnagel-Valley 拟合模式对气象条件的依赖性,需要注意不同地区和不同时间的气象条件对模式的影响,我们所用的实验数据一般是在晴朗少云的天气条件下得到的。

由于释放探空成本较高,探空资料数量有限,因此本文分析得出的合肥地区大气折射率结构常数  $C_n^2$  垂直分布廓线和统计模式的研究还需在今后的探测中进一步得到验证。

### 参考文献:

- [1] 宋正方. 应用大气光学基础[M]. 北京:气象出版社,1990:67-70. (Song Z F. Applied atmospheric optics. Beijing: China Meteorological Press, 1990:67-70)
- [2] Beland R R. Propagation through atmospheric optical turbulence[M]. Bellingham:SPIE Optical Engineering Press, 1993.
- [3] Reffaele B, Guido C. Mean vertical profile of atmospheric turbulence relevant for astronomical[J]. *J Opt Soc Am*, 1976, **66**(12):1380-1383.
- [4] 周秀骥,陶善昌,姚克亚. 高等大气物理学[M]. 北京:气象出版社, 1991:252-346. (Zhou X J, Tao S C, Yao K Y. Senior atmospheric physics. Beijing: China Meteorological Press, 1991:252-346)
- [5] 翁宁泉,曾宗泳,肖黎明,等. 大气光学湍流测量中平均时间和原始数据的筛选[J],强激光与粒子束,2004, **16**(9):1101-1105. (Weng N Q, Zeng Z Y, Xiao L M, et al. Study of average time and source data differentiation in measuring atmospheric optical turbulence. *High Power Laser and Particle Beams*, 2004, **16**(9):1101-1105)
- [6] 袁仁民,曾宗泳,肖黎明,等. 不同方法测量折射率结构常数的比较[J]. 光学学报,2000, **24**(6):755-756. (Yuan R M, Zeng Z Y, Xiao L M, et al. Comparison of some methods of measuring refractive index structure. *Acta Optica Sinica*, 2000, **24**(6):755-756)
- [7] 肖黎明,翁宁泉,马成胜,等.  $C_n^2$  探空仪的可靠性实验与数据处理方法[J]. 合肥工业大学学报,2004, **27**(2):179-182 (Xiao L M, Weng N Q, Ma C S, et al. Experimental research on the reliability of  $C_n^2$  sonde and its data processing method. *Journal of Hefei University of Technology*, 2004, **27**(2):179-182)
- [8] 孙刚,翁宁泉,肖黎明,等. 大气温度分布特性及对折射率结构常数的影响[J]. 光学学报, 2004, **24**(5):592-596. (Sun G, Weng N Q, Xiao L M, et al. Profile and character of atmospheric temperature. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(5):592-596)
- [9] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书:安徽卷[M]. 北京:中国环境科学出版社,1995. (China Nature Resource Series Editor Committee. China nature resource series: Anhui. Beijing: China Environment Science Press, 1995)
- [10] 孙刚,翁宁泉,肖黎明,等. 不同地区大气折射率结构常数  $C_n^2$  分布特性及分析[J]. 强激光与粒子束,2005, **17**(4):485-490. (Sun G, Weng N Q, Xiao L M, et al. Profile and character of atmospheric structure constant of refractive index. *High Power Laser and Particle Beams*, 2005, **17**(4):485-490)
- [11] 袁仁民,马成胜,范爱媛. 混合层顶覆盖逆温层变化规律研究[J]. 中国科学技术大学学报,2003, **33**(2):247-251. (Yuan R M, Ma C S, Fan A Y. Discussion on capping inversion. *Journal of University of Science and Technology of China*, 2003, **33**(2):247-251)
- [12] Hufnagel R, Stanley N R. Modulation transfer function associated with image transmission through turbulent media[J]. *J Opt Soc Am*. 1964, **54**:52-61.

## Vertical distribution models of atmospheric structure constant of refractive index

SUN Gang, WENG Ning-quan, XIAO Li-ming

(National Atmospheric Optics Laboratory, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, P. O. Box 1125, Hefei 230031, China)

**Abstract :** The atmospheric structure constant of refractive index is an important parameter of denoting atmospheric turbulence, it was measured continuously in Hefei using QHTP-2 micro-thermal meter. The vertical profile of atmospheric structure constant of refractive index in Hefei(0~25 km) is investigated by analysis of experimental data, and the vertical atmospheric structure constant of refractive index model of atmospheric structure constant of refractive index in Hefei is gained based on Hufnagel-Valley model. It is found that the vertical profiles of atmospheric turbulence in Hefei have obvious daily and seasonal diversification. Atmospheric turbulence reduces with random fluctuation as height increases, it has obvious jumping configuration; upper air turbulence model in Hefei preferably accords with actual average profile, and it shows that atmospheric turbulence decreases exponentially with altitude and increases in troposphere.

**Key words:** Applied optics; Atmospheric turbulence; Atmospheric structure constant of refractive index; Variance profile; Models