

# 辽东湾东海岸表面粗糙度及阻力系数特征分析

杨洪斌

(辽宁省气象科学研究所 110015)

刘万军

(辽宁省气象局 110001)

马雁军

(辽宁省气象科学研究所 110015)

## 1 前言

边界层最下部的几十米到一百米范围通常定义为近地面层。在该层内大气运动呈明显的湍流状态,铅直方向的湍汽通量(如动量通量、热量通量及水流通量)可近似作为常量。研究近地层的主要目的是为了获得便于使用的近地层特征参数表达式。由于近地层与人类的生产、生活关系非常密切,因此,研究其特征具有十分重要的意义。

## 2 仪器设备与资料

本文所用资料取自辽宁省瓦房店市东岗乡小孙屯境内的 100m 气象铁塔(距离海岸约 800m)。该地区地形较为平坦,坡度为 2%。气象塔为高 100.5m 的拉线铁塔,三角型塔身宽 1.0m,悬臂长 1.5m。根据实验需要在 5、10、15、25、50、75、100m 七个高度安装测量仪器。五层测温探头分别安装在 10、25、50、75、100m,五层风向探头分别安装在 10、25、50、75、100m,七层风速探头分别安装在 5、10、15、25、50、75、100m。另外,在 10、75m 两个高度分别安装了三轴风速仪。

本实验采用广州中山大学生产的 ZDQ 系列大气环境测量系统进行气象塔的梯度观测及湍流量测量。

## 3 近地层参数

近地层中不同风结构和湍流强度可用摩擦速度  $u_*$ 、热量通量  $\overline{w'\theta'}$ 、莫宁—奥布霍夫长度  $L$ 、粗糙度  $Z_0$  及阻力系数  $C_D$  来表述。

本次研究中,利用表面切应力与摩擦速度之间的关系式:

$$\tau = -\rho \overline{w'u'} = \rho u_*^2 \quad (1)$$

来求取摩擦速度  $u_*$ 。其中  $u'$  和  $w'$  分别表示水平和垂直方向的风速脉动值,  $\rho$  为空气密度。

$Z_0$  可根据下式间接求得:

$$u = \frac{u_*}{x} [\ln(Z/Z_0) - \psi(Z/L)] \quad (2)$$

其中  $\psi(Z/L)$  为层结订正函数,它是  $Z/L$  的函数,  $L$  是莫宁—奥布霍夫长度:

$$L = -u_*^3 T / gK \overline{w'\theta'} \quad (3)$$

其中  $T$  是平均温度,  $g$  是重力加速度,  $K$  是卡门常数,而  $\overline{w'\theta'}$  是热通量,  $\theta'$  是温度脉动值,  $w'$  是垂直速度脉动值。

文献[1]给出  $\psi$  的计算式如下:

$$\psi(Z/L) = 2 \ln[(1+x)/2]$$

$$\ln[(1+x^2)/2] - 2(\text{tg}^{-1}x) + (\pi/2) \quad (4)$$

其中,  $x = (1 - 15Z/L)^{1/4}$ 。另外,由式(2)可得:

$$Z_0 = Z \exp - \left[ \frac{xu}{u_*} + \psi(Z/L) \right] \quad (5)$$

这里用 10m 高处的资料计算得到的  $u_*$  和  $Z/L$  求取  $Z_0$ 。

而阻力系数采用下式计算:

$$C_D = 2[u_*(Z)/\bar{u}(z)]^2 \quad (6)$$

其中  $u_*$  为摩擦速度,  $\bar{u}$  为平均风度。

## 4 计算结果

### 4.1 $Z_0$ 特征

按照一般规律,流体流经不同的下垫面,其流体动力学特征也不相同。本文利用式(5)及 10m 高处的资料计算了粗糙度  $Z_0$  随时间的变化,其结果给在表 1 中。

表 1 粗糙度  $Z_0$ (m)随时间的变化

时 间	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
1993.01.14	0.05	0.09	0.12	0.11	0.13	0.12	1.10	0.07
1993.07.23	0.10	0.15	0.18	0.17	0.18	0.16	0.15	0.13

由表 1 可见,1993 年 7 月 23 日(向岸气流)的  $Z_0$  值较大(最大为 0.18m);1993 年 1 月 14 日(离岸气流)的  $Z_0$  值较小(均小于 0.13m)。造成这种差别的原因是向岸气流到达铁塔所经历的下垫面较离岸气流所经历的下垫面更粗糙。

表 2 阻力系数  $C_D$  随时间的变化

时 间	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
1993.01.14	0.007	0.009	0.010	0.011	0.010	0.009	1.010	0.008
1993.07.23	0.009	0.014	0.019	0.025	0.021	0.023	0.020	0.018

由表 2 可见,1993 年 7 月 23 日(向岸气流)的  $C_D$  值较大(最大为 0.025);1993 年 1 月 14 日(离岸气流)的  $C_D$  值较小(均小于 0.011)。

## 5 结论

5.1 在向岸气流条件下,  $Z_0$  值较大(最大为 0.18m);在离岸气流条件下,  $Z_0$  值较小(小于 0.13m)。

## 4.2 阻力系数 $C_D$

阻力系数是流体力学和动力气象学广泛使用的一个重要参数,它是高度  $Z$  和粗糙度  $Z_0$  的函数。本文利用式(6)及 10m 高处的资料计算了阻力系数  $C_D$  随时间的变化,其结果给在表 2 中。

5.2 在向岸气流条件下,阻力系数最大值可达 0.025;在离岸气流条件下,阻力系数最大值仅为 0.011。说明不同风向条件下近地层参数值存在一定差别,而造成这种差别的原因是向岸气流到达铁塔所经历的下垫面较离岸气流所经历的下垫面更粗糙。

## 6 参考文献

- 1 李宗恺. 空气污染气象学原理及应用. 北京:气象出版社,1985:97