

植物冠层内物质交换特征的实验研究^{*}

雷孝恩 田瑞明 韩志伟 邓玉珍 袁素珍

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

李 勤 骆启仁 李 真^{**}

(重庆市环境监测科研所, 重庆 630020)

摘 要 使用湍流和 SO_2 通量梯度测试资料, 对植被冠层内物质交换特征进行了详细研究, 揭示了一些有意义的结果: 植物的生物过程对物质的吸收作用非常明显; 在冠层内物质通量是随冠层深度加大而明显减小; 对高的植被, 上层沉积速度(V_{gu})大于下层(V_{gd}); 冠层内的沉积速度(V_g)表现出明显的日变化, 冠层内物质的生物吸收作用与太阳总辐射量有直接联系; 冠层的 V_g 与速度尺度 V 和平均风成正变关系; 森林的 V_g 比麦地小; 新的 V_g 理论公式能更好地预测重庆森林和麦地的结果。

关键词 物质通量 植物冠层 沉积速度 涡旋相关法 浓度梯度法

1 引言

大气和植被之间各种痕量气体交换特征的研究已引起生态学与环境科学家们的广泛注意, 它已被公认为是当代许多重要的环境问题之一^[1~5], 作为区域尺度痕量气体迁移规律的参数化及其对生态环境影响效果的估计, 它是一项基础性的研究。

痕量气体和质点通过干湿两种途径沉积到地面。和湿沉积过程已进行的大量监测相比, 干沉积过程是大大地落后了, 因它受技术的限制, 物质干沉积到地面的直接连续测量是相当困难的, 但它可用一种推论法来估计污染物到达下垫面的通量, 其方法包括监测污染物浓度, 气象量和下垫面状况, 使用这些资料和理论模型, 便可估计干沉积通量。由于在冠层内物质交换特征依赖很多物理、化学和生态过程, 对物质交换特征一般性规律的研究目前尚不成熟。因此, 不同地区及冠层条件下物质交换特征的实验研究是非常必要和迫切的。

物质交换通量的测量方法有三^[6], 一是涡旋相关法, 它是目前国内外行之有效的方分之一; 二是浓度梯度或廓线法; 三是实验室内的流动反应物测量法。本研究采用前两种方法进行比较研究。

本文利用重庆地区的针叶林和麦地里取得的梯度资料, 对植物与大气之间 SO_2 交换有关特征及 V_g 进行了详细分析, 以期揭示冠层内物质交换的机制, 同时为冠层内物质交换过程参数化及模式化提供实验基础。

1994-04-11 收到, 1995-03-29 收到修改稿

^{*} 本课题得到国家自然科学基金以及大气边界层物理和大气化学国家重点实验室的资助

^{**} 朱晋钊、李德新、邵永琪和田亚劲参加了资料获取的研究。

2 野外测试仪器及取样特性

有关野外测试的地点、时间及其湍流量的获得可参考文献[7]，这里只就测量 SO₂ 浓度脉动量的仪器及采样情况作介绍。梯度观测点没有局地污染源，都处在远郊区和农村，因而近地面层有均匀的浓度垂直分布。

使用两台完全自动化采集的 8850 型荧光 SO₂ 分析仪作监测，仪器有关性能和指标如表 1 所示。

表 1 SO₂ 自动监测仪有关指标和性能

量程 / μ m ⁻³	精度 / μ m ⁻³	零漂 / μ m ⁻³ (24 h) ⁻¹	响应时间 / s	湿度 范围	最低检测限 / μ m ⁻³	最低检测限时的 滞后时间 / s
0~350.02	± 1.75	± 0.70	1 或 55	0%~95%	0.35	20

作浓度梯度观测时，两层浓度之间差的测定必须具有高的精度，两层测试的仪器必须有好的可比性，为此，在测试之前，我们将两台测试仪器作了对比试验，找出它们之间的固定偏差。使用同一抽气口做了连续 3.25 小时同时校准测试，一共取得 1462 个有效样品，对两组数据进行相关分析，结果表明，它们之间有好的线性相关，其相关系数为 0.97，平均浓度分别为 33.15 μg m⁻³ 和 32.66 μg m⁻³，表明两台仪器一致性相当好。

作通量观测，很重要的是要求仪器响应时间小，本次观测仪器的响应时间分 1s 和 55 s 两档，在作通量监测时使用响应时间为 1s 的档，对作长时间平均浓度观测时，采用 55 s 的慢档。为了确定本仪器的响应时间是否正确，在野外实测前，我们使用响应时间 1s 的档作了两次滞后时间和指数响应的测试^[9]，其结果是：滞后时间小于 15 s，与仪器原先给出的 20s 有好的一致性；指数响应时间一次为 0.6~0.9 s，另一次为 1.4~2.1 s，它们平均小于 1.5 s，说明仪器指标给出的响应时间 1s 是有代表性的。国外大量近地面层通量的野外监测，指数响应时间典型的选取 1 s，而且指出响应时间与测量高度(*h*)和风速(*V*)有关，它们满足关系 $h/V^{[9]}$ ，重庆平均风很小，加之我们测量的高度可高于 2 m，所以本仪器的响应时间是可行的。

3 物质吸收和浓度通量

3.1 冠层物质吸收特性

图 1 表示森林冠层内典型的每小时平均浓度 *C* 及平均浓度的标准差随时间变化曲线，从中看出，两层平均浓度随时间变化趋势基本一致，它们之间成正变关系，主要的峰值和低谷均有对应关系，上层浓度 *C_u* 总是大于下层 *C_d*，它们之间的比值最大为 0.84，最小值为 0.24，表明森林冠层对浓度的吸收作用非常明显。因在远离污染源的地方，近地层污染物浓度如果没有森林(汇)存在，其垂直方向应是均匀分布的，由于森林吸收存在，浓度满足以下关系：

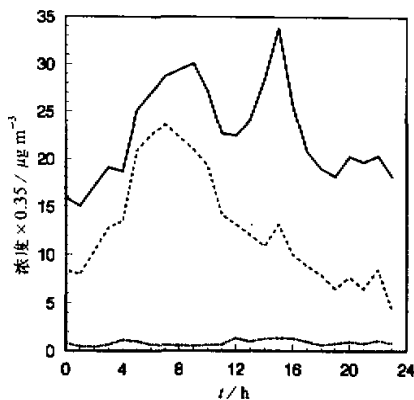


图1 4月16日森林上(实线)下(虚线)层
浓度及标准差(点虚线)随时间变化

$$\beta = \frac{\frac{d}{dz} K_z \frac{dC}{dz}}{vC}, \quad (1)$$

式中 β 为单位厚度浓度的吸收系数, K_z 为垂直涡旋交换系数, V 为水平风速, z 为垂直方向坐标。如果 $dC/dz=0$, 则表明没有吸收作用, 污染物垂直方向呈均匀分布, $\beta=0$; 如果存在有植物吸收作用, 则 $dC/dz>0$, 浓度梯度越大, β 值则越大, 吸收能力就越强。

从图1还可看出, 每小时平均浓度均大于 $1.4 \mu\text{g m}^{-3}$, 基本满足仪器的精度, 标准差平均约为浓度的 $1/8$, 表明 SO_2 浓度脉动量的观测基本符合一般湍流脉动量的规则。

为看出平均浓度吸收的总体统计特性, 对南山(479次)和长生(56次)所有观测得到的资料进行了上下两层浓度的相关统计分析, 结果表明, 上下两层浓度很好地满足以下关系:

$$\text{南山} \quad C_d = 0.0805 C_u^{1.27} \quad \mu\text{g/m}^3 \quad r = 0.99, \quad (2)$$

$$\text{长生} \quad C_d = 0.13 C_u^{1.16} \quad \mu\text{g/m}^3 \quad r = 0.99, \quad (3)$$

其中下标 u 和 d 分别表示上下层的量, r 是相关系数。整个浓度实测范围是: 南山 $1.75 \sim 83.6 \mu\text{g m}^{-3}$, 长生 $1.75 \sim 21.0 \mu\text{g m}^{-3}$ 。 C_d 随 C_u 增加而增加。表明随 C_u 的增加, 冠层对物质吸收的增幅跟不上痕量气体增加的幅度, 这是因为 C_u 越大, 植物吸收可以饱和, 即呼吸孔被阻塞, 再呼吸就困难, 物质上层吸收少了, 向下传送就相对增加, 故 C_d 就增大, 这个现象需进一步研究。

3.2 冠层内物质通量

为分析冠层内物质通量($\overline{C'W'}$)的总体统计特性, 对南山(143次)和长生(35次)所有观测到的物质通量资料进行了上下两层相关统计分析, 结果表明它们之间很好地满足以下关系:

$$\text{南山} \quad \frac{\overline{C'W'_d}}{\overline{C'W'_u}} = 1.13 \overline{C'W'_u}^{-0.31} \quad r = 0.98, \quad (4)$$

$$\text{长生} \quad \frac{\overline{C'W'_d}}{\overline{C'W'_u}} = 1.65 \overline{C'W'_u}^{-0.35} \quad r = 0.99. \quad (5)$$

在实测范围内, 南山上层通量从 $1.58 \sim 107.04 \mu\text{g m}^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ 变化, $\overline{C'W'_d} / \overline{C'W'_u}$ 从 0.71 变到 0.19, 长生上层通量从 $1.58 \sim 17.96 \mu\text{g m}^{-3} \text{ cm s}^{-1}$, $\overline{C'W'_d} / \overline{C'W'_u}$ 从 0.98 变到 0.42, 表明冠层内不满足常通量层的假设。 $\overline{C'W'_d}$ 与 $\overline{C'W'_u}$ 成正变关系。森林的 $\overline{C'W'_d} / \overline{C'W'_u}$ 比值随 $\overline{C'W'_u}$ 增加而减小比麦地大, 这主要

是森林吸收层的厚度大, 而麦地是在冠层以上测量的。

4 沉积速度

物质在冠层和不同生态下垫面交换过程的研究最重要的是沉积过程, 通过沉积过程的参数化而导出 V_g 便是问题的关键。

4.1 涡旋相关和浓度梯度法

利用实测的 30 min 平均 SO_2 浓度、浓度通量和同步测量的边界层湍流特征的资料, 采用涡旋相关法和浓度梯度法便可导出不同植被条件下的 V_g 。对涡流相关法,

$$V_g = \frac{\overline{C'W'}}{C}, \quad (6)$$

C 是每层的平均浓度, $\overline{C'W'}$ 为物质的平均垂直通量。对浓度梯度法,

$$V_{gc} = \frac{(K_{zu} + K_{zd}) \times (C_u - C_d)}{[(C_u + C_d) \times (z_u - z_d)]}, \quad (7)$$

K_z 用以下关系给出:

$$K_z = 0.096 \sigma_w \lambda_w, \quad (8)$$

式中 λ_w 为垂直脉动速度的湍谱峰值所对应的波长, 通常称为湍流尺度, σ_w 为垂直湍流脉动量的标准差。

利用关系(6)和(7)对所有观测资料进行了计算, V_{gu} 、 V_{gd} 和 V_{gc} 之间有好的相关性, 它们之间的关系为

$$\text{南山: } V_{gd} = 0.14 + 0.84 V_{gu} \quad \text{cm s}^{-1}, \quad r = 0.90, N = 158, \quad (9)$$

$$V_{gc} = 0.068 + 0.77 V_{gu} \quad \text{cm s}^{-1}, \quad r = 0.76, N = 158, \quad (10)$$

$$\text{长生: } V_{gd} = 0.079 + 0.87 V_{gu} \quad \text{cm s}^{-1}, \quad r = 0.87, N = 31, \quad (11)$$

$$V_{gc} = 0.012 + 0.96 V_{gu} \quad \text{cm s}^{-1}, \quad r = 0.95, N = 31. \quad (12)$$

V_g 的统计结果如表 2 所示。

从表达式(9)~(12)及表 2 看出, 两种估计 V_g 方法之间有很好的相关性, 对南山森林情况, V_{gu} 大于 V_{gd} , V_{gc} 介于上下层之间, 接近两层的平均值, 长生这三者很接近。结果表明使用涡旋相关法导出的 V_g 与浓度梯度法有好的一致性, 也间接说明 SO_2 浓度脉动量的观测结果是可靠的, 长生麦地情况的 V_g 大于森林情况。

4.2 V_g 与大气稳定度的关系

图 2a 表示 V_g 随一天中的时间变化(晴天和多云天的平均结果), 图 2b 为实测的太阳辐射总量 $M(\text{W}/\text{m}^2)$ 随时间的变化。从中看出, V_g 随一天时间变化非常明显, 与 M 关系非常密切, V_g 的最大值与 M 的最大值一致, 长生 V_g 大于南山, 南山的 V_{gu} 大于

表 2 实测的平均 V_g

测点	$V_{gu} / \text{cm s}^{-1}$	$V_{gc} / \text{cm s}^{-1}$	$V_{gd} / \text{cm s}^{-1}$
南山	0.42 ± 0.24	0.39 ± 0.24	0.37 ± 0.22
长生	0.61 ± 0.32	0.61 ± 0.32	0.63 ± 0.32

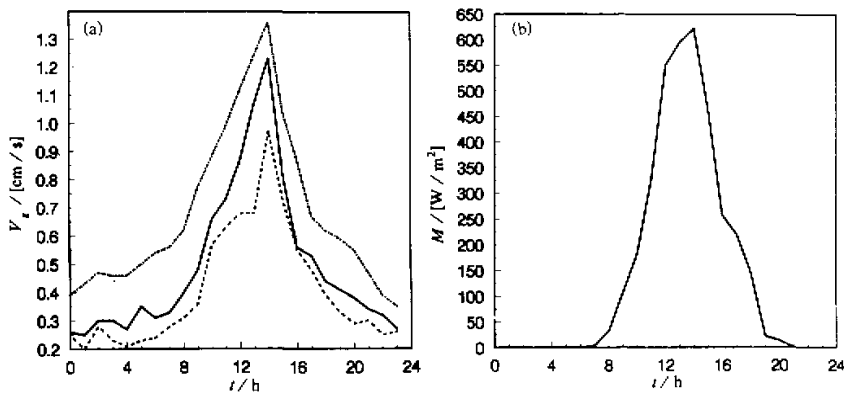


图 2 (a) 沉积速度, (b) 辐射总量随时间变化
点虚线及实线和虚线分别表示长生上层, 南山上, 下层

V_{gd} 。为看出 V_g 随稳定度变化, 现将不同稳定度类的平均结果列在表 3 中。

表 3 不同稳定度类的 V_g 平均值

测 点	不 稳 定		中 性		稳 定	
	V_{gu}	V_{gd}	V_{gu}	V_{gd}	V_{gu}	V_{gd}
南 山	0.84 ± 0.24	0.55 ± 0.28	0.61 ± 0.27	0.40 ± 0.26	0.32 ± 0.16	0.20 ± 0.10
长 生	0.71 ± 0.30	1.20 ± 0.46	0.67 ± 0.26	1.16 ± 0.59	0.58 ± 0.30	1.12 ± 0.40

从结果看出, V_g 随稳定度的加大而减小, 大气稳定度对冠层内沉积过程的影响是重要的。从 V_g 随稳定度变化的幅度看, 森林情况比麦地大, 表明高大的植被条件 V_g 受大气稳定度影响比低矮植物更明显。

4.3 V_g 与动量通量和阻力特性的关系

动量通量可用速度尺度 V_* 来代表, 我们分析了 V_g 与 V_* 或 V 之间关系, 其结果如下:

南山:

$$V_{gu} = 0.015 V_{*u}^{1.03} \text{ cm s}^{-1}, \quad r = 0.991, \quad (13)$$

$$V_{*u} = 35.8 \pm 17.4 \text{ cm s}^{-1}, \quad (14)$$

长生:

$$V_{gd} = 0.0099 V_{*d}^{1.58} \text{ cm s}^{-1}, \quad r = 0.995 \quad (15)$$

$$V_{*d} = 20.17 \pm 7.39 \text{ cm s}^{-1}. \quad (16)$$

从(13)~(16)式看出, V_{gu} 与 V_* 和 V 成正变关系, 这与先前文献[10~11]得到的结果类似, 但南山 $V_{gu} / V_{*u} \approx 0.017$, 比文献[10]给出的结果要大, 与他们给出的粒子流结果相似, 这主要是重庆小风特点造成的, 其平均风才为 1.61 m s^{-1} , 由于风速小,

V_* 也小, 而 V_{gu} 主要是由吸收特性决定的, 吸收特性并不比通常情况下小, 因而 V_{gu}/V_* 比一般情况大。长生风速更小, 平均风速仅为 0.7 cm s^{-1} , 由于风太小, V_* 比平均风小一个等级, 故 $V_{gd}/V_d \approx 0.057$, 比南山大许多。

污染物在冠层内的传运及吸收通常由三个阻力系 r_c , r_a 和 r_b 表征, 它们分别由以下关系导出^[12, 13]:

$$r_b = \frac{2}{(0.4V_*)}, \quad (17)$$

$$r_a = \int_{z_0}^{z_r} \frac{dz}{k_z}, \quad (18)$$

$$r_c = [r_s^{-1} + r_{lu}^{-1} + (r_{dc} + r_{cl} + T_{irm2})^{-1} + (r_{ac} + r_{gs} + T_{irm2})^{-1}]^{-1}, \quad (19)$$

$$r_s = 1.9r_l(1 + R_{irm}^2) \times T_{irm1} + 0.03, \quad (20)$$

$$r_{lu} = r_{lo} + T_{irm2}, \quad (21)$$

$$r_{dc} = 100 \frac{[1 + 1000(M + 10)]}{(1 + 1000Q)}, \quad (22)$$

$$R_{irm} = \frac{200}{(M + 0.1)}, \quad (23)$$

$$T_{irm1} = 400 / T / (400 - T), \quad (24)$$

$$T_{irm2} = 1000 \exp(-T - 4), \quad (25)$$

式中 z_r 为参考高度, z_0 为动力学粗糙度长, Q 对森林为 0.18, 麦地为 0.035, 除了 V_* 、 k_z 、平均温度 T 和 M 由实测资料给出外, 其他与冠层阻力有关的参数已由文献 [1] 用国际上大量实测资料得到, 我们分析了南山和长生阻力系数的平均结果(表 4)。

从表 4 的结果可看出, 南山 r_c 远远大于长生, 表明麦地吸收作用大于森林, 这就解释了为什么长生的 V_g 大于南山的原因; 森林的 r_a 和 r_b 平均比麦地小, 说明森林的传输作用比麦地大, 暗示森林的影响造成湍流强度增大; 森林的 r_c 远远大于 r_a 和 r_b , 而麦地这三者差别远不如森林大, 说明森林冠层的主要作用是冠层的吸收, 而麦地情况附层的吸收作用 r_b 相对也很重要; 这三种阻力中 r_c 随稳定度变化最明显, 因此 V_g 随一天中的时间变化, 主要是由 r_c 引起的, 从(19)、(22)和(25)式看出, r_c 与 M 成反变关系, 中午 M 最大, r_c 最小, 吸收作用最大, 则 V_g 就最大, 晚上则相反。

表 4 观测的阻力系数结果

测 点	稳定度	$r_c / \text{s m}^{-1}$	$r_a / \text{s m}^{-1}$	$r_b / \text{s m}^{-1}$
南山上层	不稳定	384	38	16
	中性	758	75	19
	稳定	972	83	27
长生下层	不稳定	153	83	25
	中性	180	103	26
	稳定	189	145	27

4.4 实测 V_g 与理论结果比较

考虑冠层垂直结构及大气稳定度影响后的新 V_g 型最近已由文献[13~14]导出, 其 V_g 的关系为

$$V_g = 46[(z_r - z_d)r_c^{-1.44} / (r_a + r_b)]^{0.5} \quad \text{cm s}^{-1}, \quad (26)$$

$$V_{gs} = A + BV_g, \quad (27)$$

式中 Z_d 为物质汇高度; 下标 s 是代表稳定度影响订正的结果, A 和 B 是冠层垂直结构和大气稳定度的函数, 已由文献[14]根据国际上大量实测资料导出, 对南山森林和长生麦地的各类参数及 A 和 B 列在表 5 中。

表 5 表达式(26)和(27)中的参数

测 点	南山, $z_d = 0.27\text{m}$, $z_0 = 2\text{m}$, $z_r = 15\text{m}$			长生, $z_d = 0.041\text{m}$, $z_0 = 0.3\text{m}$, $z_r = 5\text{m}$		
	不稳定	中性	稳定	不稳定	中性	稳定
A	0.26	0.01	0.04	0.24	0.01	0.01
B	1.02	1.13	1.21	1.40	1.42	1.05

为了检验新的干沉积速度型 (26)和(27) 能否预测重庆实测的结果, 将每次实测的 V_{gu} 、 V_{gc} 、 V_{gd} 与用(26)和(27)理论计算结果进行了比较分析, 它们之间比值的统计结果如表 6 所示。

表 6 实测 V_g 与理论计算的
 V_{gs} 比值的统计结果

比值	V_{gu} / V_{gt}	V_{gd} / V_{gt}	V_{gc} / V_{gs}
南山	1.10 ± 0.46	1.02 ± 0.44	1.07 ± 0.63
麦地	1.09 ± 0.44	1.06 ± 0.44	1.05 ± 0.43

从表 6 看出, 尽管实测值与理论诊断结果比值离散度较大, 但它们均小于平均值, 一方面说明理论公式能用来估算南山森林和长生麦地的 V_g , 表明它们的普适性, 另一方面也说明了本次重庆实测结果不论是用浓度梯度法还是用涡旋相关法都取得了可靠的

结果。关于计算与实测之间比值离散大的原因主要是浓度绝对值测量的误差较大。根据现有的技术水平, 我们可作合适的结论: 对长时间平均导出的 V_g 是有效的, 对短时间的 V_g 结果离散性可能偏大。

5 小结和结论

通过上两节实测资料的仔细分析及其对比研究, 对大气和植物之间物质交换特征可得到如下重要结果。

(1) 冠层内上层痕量气体浓度明显大于下层, 表明植物对气体物质有明显的吸收作用, 下层和上层浓度之比随 C_u 增加而增大, 表明冠层吸收增幅跟不上痕量气体增加的幅度, 这是因为 C_u 越大, 植物吸收可以饱和, 呼吸孔被阻塞, 再多呼吸就困难了, 物质在上层吸收少了, 则向下传送便增加, C_d 也随之变大。

(2) 冠层内物质通量不满足常通量层的假设, 上层的通量大于下层, 通量随冠层厚度的加深而变小。

(3) 森林冠层上层的 V_g 大于下层, 浓度梯度法导出的 V_{gc} 介于两者之间, 用涡旋相关法和浓度梯度法导出的 V_g 有好的一致性。

(4) 冠层内 V_g 表现出明显的日变化, V_g 的一天中最大值与最高的太阳辐射总量对应, V_g 随稳定性增加而减小, 这种变化规律与冠层内生物吸收特性密切相关。

(5) V_g 与 V_s 和 V 成正变关系, 但由于监测地区具有明显的小风特点, 其 V_g 与 V_s (或 V) 之比大于早先国内外一些正常风速条件下的结果。

(6) 从森林与麦地的 V_g 比较发现, 麦地的 V_g 大于森林。因 V_g 和 r_c 密切相关, 森林的 r_c 大于麦地, 麦地的吸收率大于森林。

(7) 尽管实测的 V_g 值与理论诊断的结果平均比值离散度较大, 但它们均小于平均值, 平均讲有好的一致性, 表明理论公式能用来估算南山森林和长生麦地的 V_g , 新的 V_g 型具有普适性, 同时也表明本次野外的实测结果, 不论是浓度梯度法还是涡旋相关法都取得了好的结果。

参 考 文 献

- 1 Wesely, M. L., 1988, Improved parameterizations for surface resistance to gaseous dry deposition in regional scale numerical model, ANL, Argonne, IL, 1~52.
- 2 Baidocchi, D. D., 1988, A multi-layer model for estimating sulfur dioxidedeposition to a deciduous oak forest canopy, *Atmospheric Environment*, **22**, 869~884.
- 3 Baldocchi, D. D. et al., 1987, A canopy stomatal resistance model for gassous dsposition to vegetated surfaces, *Atmospheric Environment*, **21**, 91~101.
- 4 Raupach, M. R., 1988, Canopy transport processes, flow and transport in the natural environment, *Advances and Applications*, Springer-Verlag, 95~127.
- 5 Lei Xiaoen and J. S. Chang, 1992, Numerical study on absorptive characterristics of mass and momentum in canopy layer, *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, **16**, 101~110.
- 6 Van Aalst, R. M. et al., 1985, Removal and transformation processes in the atmosphere with respect to SO_2 and NO_x , Interregional Air Pollution Modelling, The State of the Art, Ed. by S. Zwerver and J. van Han, Plenum Press, 83~103.
- 7 雷孝恩等, 1995, 植物冠层动量交换特征的实验研究, *大气科学*, **19**, 747~754.
- 8 Mcmillem, R. T. et al., 1987, Dry deposition measurements of sulfur dioxide to a spruce-fir forest in the plack forest, A data report, NOAA Technical Memorandum, ERL, ARL-152, 1~22.
- 9 Van den Hout, K. D. et al., 1985, Interregional modelling, Interregional Air Pollution Modelling, The Stats of the Art, Ed. by S. Zwerver and J. van Ham, Plenum Press, 11~82.
- 10 Wesely, M. L. et al., 1985, Measurements and parameterization of particulate sulfur dry deposition over grass, *J. Geo. Res.*, D(D1), 2131~2143.
- 11 Underwood, B. Y., 1987, Dry deposition to a uniform canopy: Evaluation of a first-closure mathematical model, *Atmospheric Environment*, **2**, 1573~1585.
- 12 Lei Xiaoen and J. S. Chang, 1992, Numerical study an dry deposition processes in canopy layer, *Advances in Atmospheric Sciences*, **9**, 491~500.
- 13 Lei Xiaoen and J. S. Chang, 1992, A high resolution model for chemical species exchange in troposphere, *AMS*, **6**, 479~490.
- 14 Lei Xiaoen, 1993, A new dry deposition velocity pattern and its practical application in high resolution regional acid deposition moel, *Proceedings of International Conference on Regional Environment and Climate Changes in East Asia*, November 30~December 3, 1993, 343~346.

An Experiential Study of Exchange Characteristics of Mass Exchange in a Plant Canopy Layer

Lei Xiaoen, Tian Ruiming, Han Zhiwei, Deng Yuzhen and Yuan Suzhen

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Li Qin, Luo Qiren and Li Zhen

(Chongqing Institute of Environmental Science and Monitor, Chongqing 630020)

Abstract Using determined gradient data of both turbulence and SO_2 flux, characteristics of mass exchange in a plant canopy layer (CL) are studied in detail. The following results are found: the absorption of mass due to plant biological processes is very considerable. Mass flux in the CL decreases with the increase of depth of the CL. Deposition velocity in the upper CL is greater than that in the lower CL for tall plant. There is considerable diurnal variation of deposition velocity in the CL, biological absorption of mass in the CL is directly related to total magnitude of the solar radiation; deposition velocity in CL is direct correlated with V_{*c} and V_g ; for forest is less than that for wheat; V_g in Chongqing forest and wheat is forecasted well by the new deposition velocity pattern.

Key words mass flux canopy layer deposition velocity eddy correlation method concentration gradient method

《大气科学》开始使用新的国际连续出版物号

ISSN 1006-9895

经国际连续出版物数据系统中国国家中心核准,《大气科学》自1996年第一期开始,使用新分配的国际连续出版物号 (ISSN), 新的国际连续出版物号为 ISSN 1006-9895。