

山东省不同下垫面大气扩散参数的对比分析

毛恒青

谢考现

(国家气象中心, 北京 100081)

(山东省气象局, 济南 250031)

摘要 利用在山东各地进行的多次建设项目大气环境影响评价中的大气扩散试验结果, 对不同下垫面的大气扩散参数做对比分析, 讨论下垫面的变化对大气扩散参数的影响以及大气扩散能力与大气污染物浓度分布的关系, 试验均采用平衡球法进行。结果表明: 不同地形下的大气扩散参数有明显差异。与国标扩散参数值相比, 山区比平原高 0.5—1 级, 平原地区与国标基本一致; 工业区横向扩散参数与国标基本相当, 垂直扩散参数大 1 个级别以上; 沿海地区横向扩散参数稍高, 而垂直扩散参数则低于国标。大气污染物扩散浓度的高低和扩散速度的快慢与扩散参数的大小直接关系。

关键词 大气扩散参数, 国标, 大气污染物, 下垫面, 平衡球法, 横向扩散, 垂直扩散。

大气污染物在大气中的扩散和稀释, 与污染气象特征密切相关, 大气的风向风速、混合层厚度、温度层结及受地形地貌影响的下垫面粗糙度等要素都是影响大气湍流扩散特性的重要因素, 而大气扩散参数则是综合了各种污染气象特征表征大气扩散能力的最主要参数, 扩散参数选择的是否适当是决定扩散公式应用效果的重要因素^[1]。本研究利用山东各地多次建设项目大气环境影响评价中大气扩散试验所得扩散参数, 进行对比分析, 研究山东各地不同下垫面条件下大气扩散参数间的差别与联系。

1 试验方法

扩散试验均采用平衡球法进行, 该方法是目前国内大气环境影响评价中普遍采用的方法, 它的理论基础是湍流扩散的统计理论, 用平衡球在大气中的运动速度和轨迹等特征, 近似地模拟湍流场的拉格朗日运动性质和粒子在大气中的扩散规律, 求出大气扩散参数。

1.1 原理

在湍流场平稳均匀定常的假设条件下, 污染源排放的大气污染物在下风向的扩散, 可用单个质点在湍流场中的统计特征量来表示。根据泰勒公式和付氏变换, 同时利用平均风速与扩散时间的关系, 扩散参数可表示为:

$$\sigma_y(T) = ax^b \quad (1)$$

$$\sigma_z(T) = cx^d \quad (2)$$

其中, a 、 b 、 c 、 d 为回归系数和回归指数, σ_y 和 σ_z 分别为横向扩散参数和垂直扩散参数, x 为下风向距离, T 为扩散时间。

1.2 试验方法

在试验现场搭建透明房, 以模拟自然大气的光照等状况, 消除配平气球时气流的影响, 并经常使其通风以调节内部气温。用 20[#] 测风气球, 按 1 : 1.7 的体积比充灌 CO₂ 和 H₂, 在透明房内配平。用脱钩器将上升球与平衡球相连接, 升空后在一定的高度释放, 由 2 台测风经纬仪进行同步跟踪读数, 读数的时间间隔为 15s。

1.3 资料处理

用矢量法对平衡球进行定位计算, 求出各读数时刻的脉动速度, 并根据平均风速拟合出扩散参数表达式。在保证有相当数量资料组的情况下, 将同类稳定度级别的结果进行统计平均, 求出各类稳定度下的大气扩散参数。

2 大气扩散参数试验结果

2.1 试验概况

表 1 是先后在山东各地的试验概况及求得的大气扩散参数的回归系数和指数。在这 6 次试验中, 有丘陵山区、工业区、内陆平原及沿海

地区, 每次试验获得的资料大都在 80 组左右, 300m 之间。由于几次试验中都属于高架源, 试平衡球的释放高度根据污染源而定, 在 100— 试验结果有一定的可比性^[1]。

表 1 山东各地不同下垫面的大气扩散参数回归系数和指数

地区	试验概况		稳定度	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
山	试验地	鲁南水泥厂	A	0.4471	0.9074	0.3841	0.8889
	时间	1986-03-21—04-18	B、C	0.3785	0.8630	0.3255	0.8519
	资料组数	82	D	0.3766	0.7802	0.2653	0.7741
	球释放高度	100—200m	E、F	0.3278	0.7111	0.1200	0.7100
区	试验地	鲁南化肥厂	B	0.3530	0.8755	0.1413	0.9750
	时间	1989-01-05—25	C	0.3147	0.8749	0.1528	0.9067
	资料组数	86	D	0.1754	0.8953	0.2162	0.7510
	球释放高度	100—200m	E、F	0.1594	0.8339	0.1662	0.7098
工 业 区	试验地	十里泉电厂	B	0.3630	0.8700	0.1949	0.9500
	时间	1988-09-19—10-01	C	0.2470	0.8693	0.3169	0.8278
	资料组数	88	D	0.2652	0.8140	0.3467	0.7400
	球释放高度	200—300m	E、F	0.1960	0.8237	0.6600	0.5800
平	试验地	潍坊电厂	B	0.4213	0.8552	0.1995	0.8901
	时间	1987-09-10—29	C	0.2330	0.8908	0.1738	0.8298
	资料组数	67	D	0.1257	0.9258	0.1454	0.7843
	球释放高度	200—300m	E、F	0.0891	0.8900	0.0967	0.7578
原	试验地	济东矿区	B	0.4258	0.8750	0.1995	0.9300
	时间	1987-03-12—03-31	C	0.1950	0.9150	0.1738	0.8800
	资料组数	83	D	0.1318	0.9100	0.1445	0.8100
	球释放高度	100—200m	E、F	0.1096	0.8900	0.1259	0.7400
沿 海	试验地	龙口矿区	B	0.5761	0.8275	0.1318	0.9500
	时间	1990-02-27—03-13	C	0.4733	0.8132	0.1514	0.8350
	资料组数	78	D	0.2747	0.8244	0.1622	0.7250
	球释放高度	100—200m	E、F	0.1019	0.8969	0.1514	0.6800

鲁南水泥厂位于山东省滕县与邹县的交界处, 试验地的西北部是高度在 200—300m 的山系, 山体向西北方向延伸而连成一片; 鲁南化肥厂位于山东省滕县境内, 地处鲁南丘陵地带, 厂区背靠山体, 周围地形起伏。在以下的分析中将这两地的试验结果代表山区的扩散参数。

十里泉电厂位于山东省枣庄市南郊的十里泉工业区, 离枣庄市中心 5km, 西边与化肥厂、炼铁厂、热电厂为邻, 南部紧靠橡胶厂, 周围烟囱林立, 是枣庄市的主要工业区。

潍坊电厂试验地位于潍坊市以东 20km 处, 地处平原地带, 地势平坦, 周围为大片农田; 济东矿区处在鲁西南南阳湖东北岸的平原地区, 试验场地设在济宁东部郊区农村, 周围是一望无际的麦田。用此 2 地代表平原地区。

龙口矿区则位于胶东半岛, 北面濒临渤海,

地处莱州湾东部沿岸, 试验场地离海岸的直线距离在 3km 左右, 下垫面为平坦的沿海滩涂, 周围也是麦田。

将各地试验结果对照国标(GT/T 13201-91)^[2]给出的扩散参数进行对比分析。

2.2 垂直扩散参数的对比分析

下垫面地形的差别, 对垂直扩散参数的影响较大, 其差异表现的更为明显, 平衡球飞行中起伏大小的变化直接反映出大气垂直扩散能力的高低。

图 1 是试验所得垂直扩散参数曲线与国标扩散曲线的对比。其中虚线为国标值, 实线为试验值, 图 1 中从上到下分别为 C、D、E 类稳定度的曲线。

山区垂直扩散曲线(图 1a), C 类稳定度时比国标高 0.5 级, D 类稳定度下近距离高出国

标 1 级, 千 m 以上高出国标 0.5 个级别, E 类稳定度下与国标值基本相当。

工业区垂直扩散曲线(图 1b), C 类稳定度时比国标值大 0.5 级, D 类稳定度时比国标大 1 级, 而 E 类稳定度时, 千 m 以内高出国标 1—2 级, 千 m 以远较国际高 1 级。而且工业区使近距离的垂直扩散参数增大的更为明显。分析认为, 在工业区, 污染物的排放携带大量热量进入空气中, 众多热源(污染源)对空气的加热作用, 改变了近地层的温度层结, 使空气的湍流强度增大, 垂直扩散能力增强, 大气变得不稳定。这种加热作用在近距离更强, 因此, 反映在对大气扩散能力的提高上, 对较稳定时的近距离表现得更为突出。试验中也发现, 平衡球刚刚释放后, 高度起伏变化很大, 有时球进入烟体中, 起伏变化更为剧烈, 随着距离的增大, 球飘离工业区后逐渐变得稳定。

平原地区垂直扩散曲线(图 1c)与国标扩散曲线基本一致, 变化分布趋势也相似, 只有 D 类稳定度时高出国标 0.5 级左右。

沿海地区垂直扩散参数(图 1d)比国标值稍低, 其中在 C 类稳定度时, 千 m 以上低 0.5 级左右, 近距离基本相同; 在 D、E 类稳定度时, 500—5000m 时比国标值低 0.5 级, 其它情况下稍低于国标值。造成沿海地区垂直扩散参数减小的原因, 也许是由于海面比陆地光滑, 粗糙度小, 且海上的空气相对稳定, 处于低湍流状态, 扩散能力弱。当气流从海上吹向内陆时, 海上空气的低湍流特性, 使陆地上空的湍流减弱; 同样, 陆地上的空气移到海上后, 下垫面的改变, 使空气层结和湍流特性逐渐发生变化, 扩散能力减弱。在龙口矿区的试验中, 21 组 B 类稳定度的试验结果, 有 15 次的 σ_y 相当于甚至小于国标的 C 类稳定度时的值; C 类稳定度的 33 次结果, 有 15 次与国标的 D 类或以下的扩散参数值相当; 在 20 组的 D 类稳定度结果中, 也有 12 次小于国标值 1 个级别以上。而且平衡球在飞行过程中的上下起伏很小。

2.3 横风向扩散参数的对比分析

图 2 是山区横风向扩散曲线与国标扩散曲

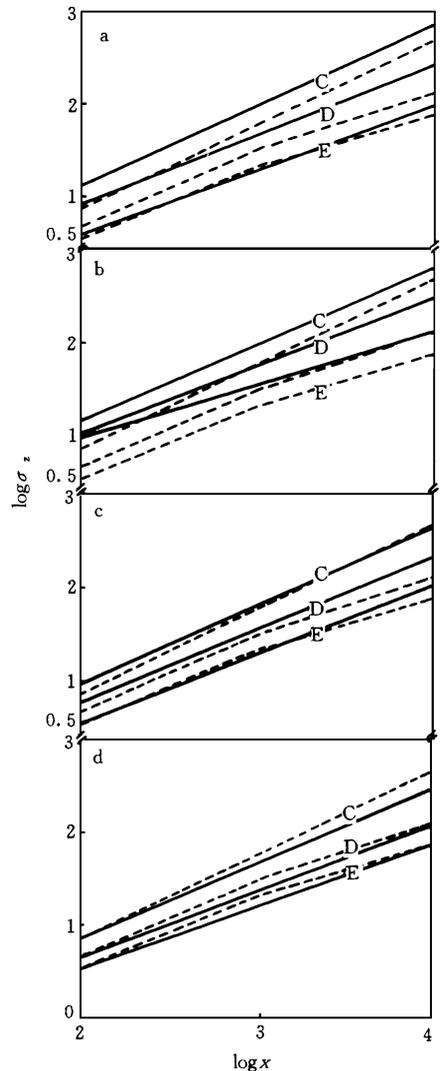


图 1 试验垂直扩散与国标垂直扩散曲线对比
a. 山区 b. 工业区 c. 平原地区 d. 沿海地区

线的对比。可见在山区 C 类稳定度时, σ_y 比国标值高出 1 个级别; D 类稳定度时, 5000m 内高出国标 0.5 级左右, 5000m 以远稍高于国标值; E 类稳定度时, 近距离与国标值基本相当, 远距离则稍低于国标, 2 者同在一个级别之内。

工业区(图略) C 类时与国标基本相同; D 类时 3000m 内与国标基本相同或稍高, 3000m 以远稍低于国标值, 总体上不存在级的差别; E 类稳定度时与国标基本一致。

平原地区(图略)与国标差别不大, 整体上稍高于国标值, 随距离的分布趋势基本相同。

沿海地区(图略) C 类稳定度时, 较国标高

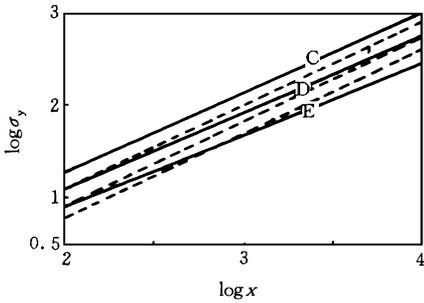


图2 山区横风向扩散曲线(实线)
与国标扩散曲线(虚线)的对比

约5%—30%左右; D类时稍高于国标, 与平原区基本相当; E类稳定度下与国标值基本相同. 分析认为, 造成沿海地区横向扩散参数稍大的原因, 可能是由于在上午9—10点钟或下午4—5点钟C类稳定度出现时, 正值海陆风交替时期, 风向变化较大. 另外试验场地北部紧靠海边, 气流入侵内陆形成的热内边界层也有一定的影响.

综合而言, 山区地形复杂, 湍流强, 在C、D类稳定度时的横向扩散参数高出国标0.5到1级; 工业区(平原)及平原区与国标值基本相当; 沿海地区受海陆风及热内边界层的影响, C类稳定度时稍高于国标.

3 大气扩散能力对污染物浓度分布的影响

为对比不同地区的扩散参数及其对污染物扩散的影响, 将D类稳定度下各地的垂直扩散参数进行对比, 并计算在相同污染源条件下, 形成的污染物轴线浓度分布.

D类稳定度下各地垂直扩散参数曲线的对比如图3所示. 可见工业区最大, 比国标同类稳定度高出1级; 其次是山区, 较国标大0.5级; 平原地区比国标高不到0.5级, 较沿海地区高0.5级左右; 而沿海地区则低于国标不到0.5级.

图4是用D类稳定度的扩散参数计算的同一污染源轴线浓度分布曲线. 污染源强为 10^5 mg/s , 有效源高取150m, 风速取 3 m/s . 从图4可见, 工业区的下风向浓度最大, 最大值出现

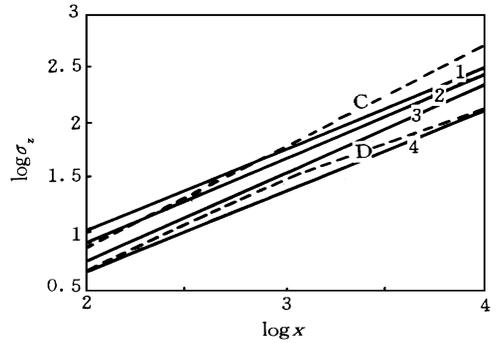


图3 D类稳定度下各地垂直扩散曲线(实线)
与国标(虚线)的对比

1. 工业区 2. 山区 3. 平原地区 4. 沿海地区

在2000m附近; 其次是山区, 最大值位于3000m左右; 中间是平原地区, 在3500m附近浓度最大; 沿海地区的浓度最低, 出现最大浓度的距离最远, 位于7500m附近; 国标参数求得的最大浓度高于沿海地区而位于下风向6000m处. 对比图3不难发现, 随着垂直扩散参数的增大, 污染物的落地浓度增大, 最大浓度出现的位置则更近, 在8000m以远的地方, 国标及沿海地区较小的扩散参数求得的浓度值却高于其它地区. 说明大的扩散参数, 使得污染物迅速扩散而到达地面, 污染物落区较近; 而小的扩散参数, 有利于污染物的远距离输送, 近距离的地面浓度却较低.

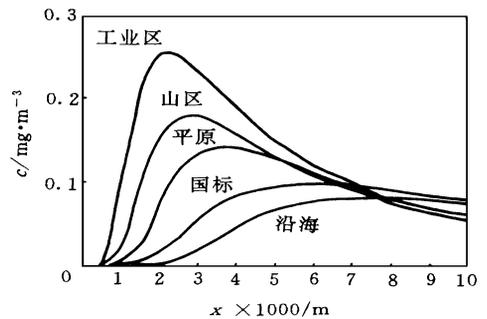


图4 D类稳定度下污染物轴线浓度随距离的变化

4 结语

(1) 垂直扩散参数, 以工业区最大, 且其增大效应在近距离最为明显, 主 (下转第30页)

表 2 也说明,正是这些中间产物使废水的 COD 去除率不像其他指标那样高。

3 小结

AOP 技术处理有机废水的结果为 UV 与充氧气结合,处理费用低但效果差;UV 与 O₃ 结合效果好但费用高,且 O₃ 的溶解度低;UV 与 H₂O₂ 结合效果较好,易操作,且 H₂O₂ 易得到和保存,可无限溶于水;半导体粉末作光催化剂的效果适中,且可重复使用,但需附着固定。

考虑到挥发酚、油和色度等各项指标的去除率高而 COD 去除率低,表明该方法将污染物彻底降解有一定难度。但对目前某些生化法或化学法难降解的高浓度有机废水,若先用 AOP 技术氧化,使难降解的大分子变成小分子,再辅以常规方法处理,仍不失为一种可供选择的办法。

参 考 文 献

- 1 Larson R A, Weber E J. Reaction mechanisms in environmental organic chemistry. USA: Lewis publishers, 1994: 402- 404
- 2 魏宏斌. 光催化氧化法的影响因素和发展趋势. 上海环境

科学,1995, 14(3): 7

- 3 Tennakone K. Photodegradation of visible-light-absorbing organic compounds in the presence of semiconductor for catalysts. J. Photochem. and photobiol., 1992, 68: 389
- 4 Zepp R G, Schlotzhauer P F. Photoreactivity of selected aromatic hydrocarbons in water, Polycyclic aromatic hydrocarbons. USA: Ann Arbor Science Publishers, 1979: 141- 156
- 5 孔令仁等编. 环境化学实验. 南京: 南京大学出版社, 1989: 137- 141
- 6 宋仁元译. 美国公共卫生协会编著. 水和废水标准分析方法. (第 15 版), 北京: 中国建筑工业出版社, 1985: 450- 453, 424- 425, 471- 472
- 7 孔令仁, 陈曦, 杨曦. 附着态半导体光催化剂光解可溶性染料的研究. 环境科学学报, 1996, 16(4): 408
- 8 孔令仁, 石正方, 王晓书. 苯甲腈类有机污染物在水中光化学降解研究. 南京大学学报, 1995, 31(3): 404
- 9 Peyton G R, Gee C S, Smith M A. By-products from ozonation and photolytic ozonation of organic pollutants in water. Biohazards of drinking water treatment. USA: Lewis Publishers Inc, 1989: 193- 197
- 10 文学洙, 陈德智. 光催化反应在环境保护中的应用. 化工环保, 1988, 8: 281
- 11 Joglecar H S, Samant S D, Joshi J B. Kinetics of wet air oxidation of phenol and substituted phenols. Water Res., 1991, 25(2): 135

(上接第 22 页)

要是由于热源的加热作用所致;山区 C、D 类时比国标值大 0.5—1 级;平原地区与国标基本相当;沿海地区,则低于国标不到 0.5 级左右。

(2) 横风向扩散参数,山区地形复杂,风向多变,在 C、D 类稳定度时高出国标 0.5—1 级;工业区和平原地区与国标值基本相当;沿海地区受海陆风和热内边界层的影响, C 类稳定度时稍高于国标值。

(3) 污染物扩散浓度的大小和扩散的快慢,与扩散参数直接有关。大的扩散参数使污染物迅速扩散,在较近的距离内达到较大浓度;小的

扩散参数减缓污染物的扩散速度,而有利于污染物的远距离输送。

(4) 根据分析结果认为,平原及沿海地区的大气扩散参数,可以直接从国标中查算。工业和山区的扩散参数,则可提高 1 个级别后,再按国标查算。

参 考 文 献

- 1 李宗恺等. 空气污染气象学原理及应用. 北京: 气象出版社, 1985: 173—278
- 2 国家技术监督局, 国家环境保护局. 中华人民共和国国家标准, 制定地方大气污染排放的技术方法. 北京: 中国标准出版社, 1992: 16—17

Zhangzhou.

Keywords: SO₂, washout, stable isotope, model, Mingnan Area, summer.

Study of Organic Hydroperoxides and H₂O₂ Yields in Isoprene and O₃ Reactions.

Li Shuang et al. (The State Key Lab of Environ. Simulation and Pollution Control, Center of Environ. Sci., Peking Univ., Beijing 100871): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 16—18

The atmospheric reaction of isoprene with O₃ was simulated under the dark and room temperature in the 28.5L quartz reactor coupled with a Long Path Fourier Transform Infrared Spectrometer, while the Dual Channel H₂O₂ Analytical System was used to determine the production of organic hydroperoxides and H₂O₂. Yields measured respectively in the three repeated experiments are 3.8%, 4.3% and 3.9% for organic hydroperoxides with the average of 4.0%, and 2.2%, 1.6% and 1.8% for H₂O₂ with the average of 1.9%. The formation mechanisms of organic hydroperoxides and H₂O₂ were briefly discussed.

Keywords: isoprene, O₃, Dual Channel H₂O₂ Analytical System, organic hydroperoxides, H₂O₂.

The Atmospheric Diffusion Parameter in Various Terrain in Comparison with Each Other in Shandong Province.

Mao Hengqing (National Meteorological Center, Beijing 100081) *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 19—22

Analysing the experimental result in Shandong province, it is found that the atmospheric diffusion parameters vary obviously with terrain. The diffusion parameters are about as big as that of national standard in the plain and half to one class bigger than it in the mountain areas. In industrial park the cross-wind diffusion parameter is about the same as while the vertical one is one more class bigger than that of national standard. In coastal areas the cross-wind parameter is bigger slightly and the vertical one is smaller slightly than that of national standard. The pollutant diffusion density and the air diffusio-phoretic velocity are related directly to the diffusion parameter.

Keywords: atmospheric diffusion parameter, national standard, air pollutant, cross-wind

diffusion parameter, vertical diffusion parameter.

Cross-flow Membrane Bioreactor for Domestic Wastewater Treatment and Its Biological Behavior.

Xing Chuanhong, Qian Yi (State Key Lab of Environ. Simulation and Pollution Control, Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing, 100084), *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 23—26

It is proven that Crossflow Membrane BioReactor (CMBR) applied to domestic wastewater treatment, under conditions of hydraulic retention time 5h, sludge retention time 15d, membrane surface velocity 4m/s and membrane flux 75, 150L/(m²·h), is technically feasible and reliable during six weeks. Removal rate of COD, NH₃-N, and turbidity of the system are equal to or higher than 97%, 97% and 98%, SS and E. coli., 100%. The effluent quality is always better than the quality standard for reuse issued by the Ministry of Construction in China. An important formula to calculate the sludge concentration for CMBR at steady state is successfully derived from material balance equations. The apparent yield factor Y_g is approximately 0.65mgVSS/mg COD and the decay constant, 0.1d⁻¹. Furthermore, the bio-facies analysis of CMBR is included.

Keywords: crossflow, membrane, bioreactor, biological behavior, domestic wastewater.

Photochemical Treatment of Selected Organic Wastewater.

Zhu Chunmei et al. (State Key Lab. of Pollution Control and Resource Reuse, Dept. of Environ. Sci. and Eng., Nanjing Univ. 210093): *Chin. J. Environ. Sci.*, **18**(6), 1997, pp. 27—30

The photochemical oxidation treatment for selected organic wastewaters which were hard to degrade and were performed by adding H₂O₂ or some semiconductor powder and bubbling of O₂ or O₃ under sunlight or a middle pressure mercury lamp. The results showed that the removal rates of COD, oil and volatile phenols were 26.4%—60%, 39.8%—97.8% and 86.3%—100% respectively for the wastewaters of oil refinery and coking industry; the removal rates of COD and decoloration rates were 48%—75%, 80%—100% for selected