

鉴于在提炼模型时较多地考虑到众多影响因素的综合作用,因此模型能反映出道路交通噪声的变化规律,具有普遍性和实用性。如果将这一模型应用于国内其它城市,只需将各城市道路交通噪声监测得到的观测值和各个影响因素输入给计算机,即可实现对模型参数的辨识工作,从而得出该城市的道路交通噪声预测模型。

依据道路交通噪声模型,采用现代控制理论中的多层递阶预报方法,对未来时刻的

道路交通噪声级值进行预报,可以对道路交通噪声进行监测和控制,以便有效地进行环境管理。

参 考 文 献

- [1] 韩志刚,自动化学报,9(3),161(1983).
- [2] 汤兵勇,黑龙江大学自然科学学报,(1),16(1983).
- [3] 姜海涛等,环境物理学基础,144 页,中国展望出版社,1987 年.
- [4] A. R. Фомонко, Снижение Автотранспортного шума в городах, р. 97, 1979.

(收稿日期: 1988 年 9 月 12 日)

三次样条函数在测定河流弥散系数中的应用

秦建侯 李隆弟 邓 勃

(清华大学化学系)

摘要 为获得洋河张家口—宣化段水体的弥散系数,用罗丹明 B 进行了示踪试验。简述了三次样条函数插值方法,并用该法处理了示踪试验数据,用一维扩散模型计算的纵向弥散系数为 $5.53 \text{ m}^2/\text{s}$ 。最后用二维模型进行检验,表明上述处理方法和系数是可靠的。

河流水体弥散系数反映了污染物在河流中的稀释扩散能力,它的大小与河流的许多因素有关,常用现场示踪试验获得。由于自然条件和人力、物力的限制,示踪试验只能在有限河段和有限时间内进行,得到的水质数据有限且不连续,更难于捕捉到断面的示踪物峰值浓度。为解决上述困难和提高弥散系数计算准确度,我们在洋河示踪试验中,探讨应用三次样条函数插值进行弥散系数的计算,取得了满意的结果。

一、三次样条函数简述

样条函数 (Spline function)^[1-2] 属于函数逼近的范围,它是一种较好又较简单的逼近函数,用它作出的曲线精度很高,近年来在生产 and 科研工作中得到广泛应用。其中,三次样条函数是最重要的一种函数,它是一个逐段三次多项式,在两个三次多项式的联结

点上的导数允许有某些间断。三次样条函数的一般表达式为:

$$F(x) = a_0 + a_1x + \frac{1}{2}a_2x^2 + \frac{1}{6}a_3x^3 + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{\beta_j(x-x_j)_+^3}{3!} - \sum_{j=0}^3 a_jx^j + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{\beta_j(x-x_j)_+^3}{3!} \quad (j=1, 2, \dots, n-1) \quad (1)$$

式中, a_j 为积分常数, x_j 为 j 点节点值, n 为包括端点在内的节点数。(1)式为分段三次多项式,在 $[x_0, x_n]$ 上有 1—2 阶连续导数,且在端点有

$$F''(x_0) = F''(x_n) = 0.$$

但三阶导数在结点处有跳跃量 β_j , $F'''(x_j) = \beta_j$ 。当所有的 $\beta_j = 0$ 时,其三阶导数也连续,此时 $F(x)$ 退化为普通的三次多

表 1 不同时间各断面河水的罗丹明 B 浓度变化 (mg/L)

断 面	样品号 时间和浓度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	回收率
200(m)	取样时间 (min)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	*89%
	浓度	0	0.074	0.391	5.449	2.477	/	0.535	0.173	0.105	0.088	0.058	0.05	0.047	0.035	0.028	0.022	
500(m)	取样时间 (min)	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50				
	浓度	0	0.368	0.58	0.239	0.151	0.113	0.097	0.089	0.075	0.068	0.042	0.023	0.023				
750(m)	取样时间 (min)	21	24	26	28	30	32	34	37	40	43	48	53	58	63			
	浓度	0	0.016	0.027	0.227	0.301	0.177	0.125	0.104	0.099	0.094	0.048	0.024	0.02	0.011			
1000(m)	取样时间 (min)	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76						
	浓度	0.054	0.179	0.143	0.093	0.064	0.043	0.035	0.028	0.018	0.013	0.01						
1250(m)	取样时间 (min)	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100					
	浓度	0.019	0.084	0.098	0.08	0.061	0.048	0.035	0.025	0.021	0.014	0.012	0.01					
1750(m)	取样时间 (min)	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120					
	浓度	0	0.004	0.07	0.085	0.068	0.067	0.042	0.035	0.024	0.024	0.02	0.01					

* 为计算横向弥散系数,测定了 580m 断面纵向浓度分布,具体数据这里未给出。

项式。

(1) 式所表达的三次样条函数不便于计算, 为此利用节点处的函数值和二阶导数, 建立另一种常用的表示式

$$c_j M_{j-1} + 2M_j(1 - c_j)M_{j+1} = d_j \quad (1 \leq j \leq n-1) \quad (2)$$

式中

$$c_j = \frac{h_{j-1}}{h_{j-1} + h_j}, \quad h_j = x_{j+1} - x_j, \\ d_j = \frac{6}{h_{j-1} + h_j} \left(\frac{y_{j+1} - y_j}{h_j} - \frac{y_j - y_{j-1}}{h_{j-1}} \right).$$

y_j 和 M_j 分别为节点 x_j 处的函数值和二阶导数值, 即 $y_j = F(x_j)$, $M_j = F''(x_j)$ 。

可以看出, $d_j = 6F(x_{j-1}, x_j, x_{j+1})$, $F(x_{j-1}, x_j, x_{j+1})$ 为二阶差商。当 y_j 为给定值时, (2) 式可视为 $n+1$ 个二阶导数 M_j 应满足的 $n-1$ 个方程。由于 (2) 式中的系数矩阵是严格占优的对称三角阵, 数值解稳定, 因此可用追赶法^[3]解方程组 (2)。对每个被插值用牛顿插值公式计算。

$$F(x) = F(x_i) + (x - x_i)F'(x_i, x_{i+1}) \\ + (x - x_i)(x_i - x_{i+1}) \\ \cdot F''(x_i, x_{i+1}) \quad (3) \\ x \in (x_i, x_{i+1})$$

由微商和差商的关系和

$$F(x, x_i, x_{i+1}) = \frac{1}{2} F''(x_i) \\ = \frac{1}{2} F''(x) = \frac{1}{2} F''(x_{i+1}) \\ = \frac{1}{6} [F''(x_i) + F''(x) + F''(x_{i+1})] \quad (4)$$

由于 $F''(x)$ 在 (x_i, x_{i+1}) 上是一次多项式, 因此

$$F''(x) = F''(x_i) + (x - x_i)F'''(x_i, x_{i+1}) \quad (5)$$

其中, $F'''(x_i, x_{i+1}) = [F''(x_{i+1}) - F''(x_i)] / (x_{i+1} - x_i)$ 。由此可计算任意插值。

二、三次样条函数处理示踪试验数据和

弥散系数的计算

为了查清拟建的沙岭子电厂排污水对附近洋河水体的影响, 我们在洋河张家口—宣化水域用罗丹明 B 进行了示踪试验, 测定了该河段的纵向和横向弥散系数, 结合本文目的, 仅介绍纵向弥散系数的测定结果。进行示踪试验时, 河中心瞬时投放 50 升含 125 克罗丹明 B 水溶液。

在枯水季节, 该段河宽 20—40m, 深 10—20cm。示踪试验时实测的河床水文参数为: 平均宽度 30m, 平均流速 0.4m/s, 河流平均断面 3.93m², 平均水深 0.131m², 平均流量 1.66m³/s, 水力坡度 0.0021。为保证足够的实验数据, 设置 6 个监测断面, 各断面距投放示踪剂的距离和投样后不同时间罗丹明 B 的浓度见表 1。根据表 1 数据, 用三次样条函数插值处理实验数据。

在应用时, 我们将实测数据取对数后进行样条函数插值计算, 发现效果更好。图 1 用三次样条函数插值计算 1000 米断面的 $c-t$ 图, 在投放罗丹明 B 后约经 41 分钟出现峰值。

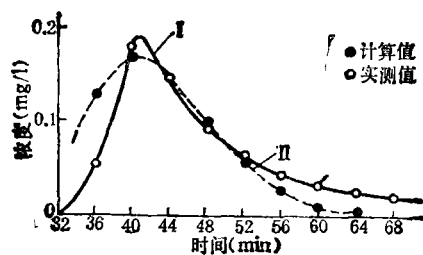


图 1 $c-t$ 图

I 用三次样条插值计算曲线
II 用 $D_s = 5.53$ 计算曲线 $D_s = 0.024$

在计算该河段的纵向弥散时, 使用一维

表 2 纵向弥散系数

河段	D_s (m ² /s)
200—580	5.53
200—750	7.90
200—1000	7.03
200—1250	8.70

表 3 纵向弥散系数的验证结果

断面	D_r		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	方差平方和
750(m)		实测值	0.016	0.027	0.227	0.301	0.177	0.125	0.104	0.099	0.094	0.048	0.024	
	5.53		0.11	0.166	0.206	0.222	0.211	0.181	0.124	0.074	0.039	0.011	0.003	0.0455
	7.90		0.12	0.156	0.178	0.183	0.173	0.152	0.114	0.077	0.048	0.019	0.007	0.0488
	7.03	计算值	0.116	0.156	0.182	0.189	0.179	0.156	0.114	0.074	0.044	0.016	0.005	0.0473
	8.70		0.118	0.148	0.165	0.167	0.158	0.139	0.106	0.073	0.047	0.02	0.008	0.0517
1000(m)	9.86		0.117	0.141	0.154	0.154	0.145	0.129	0.099	0.071	0.048	0.012	0.009	0.0554
		实测值	0.054	0.179	0.143	0.093	0.064	0.043	0.035	0.028	0.018	0.013	0.01	
	5.53		0.128	0.164	0.145	0.097	0.053	0.024	0.01	0.004	0.001	0	0	0.00796
	7.90		0.117	0.135	0.120	0.088	0.056	0.031	0.016	0.008	0.004	0.002	0.001	0.00783
	7.03	计算值	0.117	0.138	0.122	0.087	0.053	0.028	0.013	0.006	0.002	0.001	0	0.00794
1750(m)	8.70		0.109	0.122	0.108	0.080	0.052	0.031	0.017	0.008	0.004	0.002	0.001	0.00908
	9.86		0.103	0.111	0.098	0.075	0.051	0.031	0.018	0.01	0.005	0.003	0.001	0.01063
		实测值	0.004	0.07	0.085	0.068	0.067	0.042	0.035	0.024	0.024	0.02	0.01	
	5.53		0.033	0.073	0.091	0.073	0.041	0.018	0.006	0.002	0	0	0	0.00456
	7.90		0.038	0.064	0.073	0.060	0.040	0.021	0.010	0.004	0.001	0		0.00462
	7.03	计算值	0.035	0.064	0.073	0.060	0.037	0.019	0.008	0.003	0.001	0		0.00483
	8.70		0.036	0.057	0.063	0.052	0.035	0.020	0.010	0.004	0.002	0.001	0	0.00541
	9.86		0.036	0.053	0.056	0.047	0.032	0.019	0.010	0.005	0.002	0.001	0	0.00628

扩散简化模型,扩散方程为

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} = D_x \frac{\partial^2 \bar{c}}{\partial x^2} \quad (6)$$

其解为

$$c(x, t) = \frac{M}{A \sqrt{4\pi D_x t}} \exp \left[\frac{-(x - \bar{u}t)^2}{4D_x t} \right] \quad (7)$$

式中 c 为 t 时 x 点河水罗丹明 B 的浓度 (mg/L), M 为罗丹明投放量 (g), A 为河流截面 (m^2), D_x 为纵向弥散系数 (m^2/s), $\bar{u}$ 为平均流速 (m/s). (7) 式实际上就是污染物在河流中的浓度正态分布曲线. 因此, 纵向弥散系数与浓度分布的方差 σ_x^2 有如下关系:

$$D_x = \sigma_x^2 / 2\bar{t} \quad (8)$$

(8) 式中 $\bar{t}$ 为时间的数学期望值. 在计算弥散系数时, 采用两个断面间计算方法, 即

$$D_x = \frac{\bar{u}(\sigma_2^2 - \sigma_1^2)}{2(\bar{t}_2 - \bar{t}_1)} \quad (9)$$

式中 σ_2^2 、 $\bar{t}_2$ 和 σ_1^2 、 $\bar{t}_1$ 分别为断面 2 和断面 1 的方差和时间的数学期望值, 可按式计算.

$$\sigma^2 = \int_0^\infty c(t - \bar{t})^2 dt / \int_0^\infty c dt,$$

$$\bar{t} = \int_0^\infty ct dt / \int_0^\infty c dt.$$

在计算之前, 用夏皮罗-威尔克法进行正态分布检验, 确证断面的数据为正态或对数正态分布后, 用上述有关公式计算纵向弥散系数. 表 2 给出纵向弥散系数计算结果, 全部计算采用自编的 Basic 程序在计算机上完成的.

三、纵向弥散系数的验证

我们用二维瞬时模型对计算的纵向弥散系数进行验证. 瞬时排放二维模型的解析解为:

$$c(x, y, t) = \frac{M}{A \sqrt{4\pi D_x t}} \cdot \exp \left[-\frac{(x - ut)^2}{4D_x t} - \lambda t \right] \cdot \left[1 + 2 \sum_{n=1}^\infty \exp \left(\frac{n^2 \pi^2 D_y}{B^2} \right) \right]$$

$$\cdot \cos \left(\frac{n\pi y_1}{B} \right) \cos \left(\frac{n\pi y}{B} \right) \quad (10)$$

式中 $c(x, y, t)$ 为河流某点 t 时的浓度, D_x 为纵向扩散系数, λ 为衰减常数, y_1 和 y 分别为投放源和取样点离岸距离, B 为河宽. 验算时各参数值为: $M = 125g$, $B = 30m$, $y_1 = 15m$, $y = 10m$, $\lambda = 0.24/d$, $D_y = 0.024m^2/s$, 其余参数值同前. 用 (10) 式将表 2 的纵向弥散系数分别对断面 750m、1000m 和 1750m 进行验算, 用实测浓度值 c_{io} 与计算浓度值 c_i 之间的变差平方和

$$\left[\sum_{i=1}^n (c_{oi} - c_i)^2 \right]$$

判断纵向弥散系数 D_x 的可靠程度, 验算结果见表 3.

由表 3 可见, 当 $D_y = 0.024m^2/s$, D_x 取 $5.53m^2/s$, 计算值与实测值符合得较好. 断面 1000m 计算的 $c-t$ 图见图 1 中的虚线, 计算的曲线与实测曲线偏离较小. 因此, 纵向弥散系数应取 $5.53m^2/s$.

四、结束语

1. 三次样条函数插值是分段三次多项式, 其三阶以上导数有间断, 从而带来了转折自如的灵活性和计算的稳定性. 三次样条函数插值方法能很好地满足示踪试验数据处理的要求.

2. 在洋河张家口-宣化段上进行了罗丹明 B 示踪试验, 在 6 个断面上用三次样条函数插值和一维简化模型处理, 求得不同区段的弥散系数. 最后用二维模型和最小变差平方和判据进行检验, 结果表明 $D_x = 5.53m^2/s$ 更符合实际情况.

本文数据取自 1986 年洋河的示踪试验, 参加试验的还有聂永丰、白庆忠等同志, 谨致谢意.

参 考 文 献

- [1] 潘承洞, 数学的实践与认识, (3), 64(1975); (4), 56

(1975)。

- [2] 李岳生,齐东旭著,样条函数方法,二章 18 页,五章,科学出版社,1979 年。
- [3] 蒋尔雄,高坤敏,吴景琨编,线性代数,167 页,人民

教育出版社,1978 年。

(收稿日期: 1988 年 11 月 7 日)

宝山矿的开拓与桂阳城环境水文地质评价

左 平 怡

(中国有色金属工业总公司湖南地质勘探二四七队)

摘要 本文通过不同时期地下水流场的演变,以实际资料划分水文地质单元,分析宝山矿各采区之间、中东部区与桂阳城之间特殊的水文地质条件与现象,论证其水力联系状况,作出西部矿可进行开拓,中部矿可在 250 中段以上开拓,东部矿可维持现状的结论,既能满足宝山矿二期扩建的需要,又能保护桂阳城水源地。

一、桂阳城地下水与宝山矿的开拓

湖南桂阳县城有人口 3 万余,附近没有较大的河流,多年来供水依靠泉井水量,在城区 2.74 平方公里范围内,有泉 20 眼、老井 32 眼、机械井 23 眼,共 75 处取水点,布满了大街小巷,有“小泉城”之称。来自石炭系梓门桥灰岩与壶天灰岩的地下水,涌水量 8700—15000 米³/日,清澈透明,矿化度适中,为良好的饮用水源。

宝山矿紧邻桂阳城的西部,是一个多金属矿床,由三大块矿体所组成,即东部铅锌矿、中部铜钼矿和西部铅锌银矿,属于经济效益好的大型矿床,开拓分为两个建设期。第一期建成了中部铜钼矿(露采)与东部铅锌矿。中部矿为大型露天开采,采场直径 600 米,自标高 475 米剥离,每 10 米高一个台阶,已完成 11 个台阶,采掘标高已下降到 365 米,最低极限开采标高为 315 米,预计 1994 年结束露采。

东部矿紧靠桂阳城,采用斜井开拓,坑口标高 363 米,拟开拓 290、250、210、170 标高 4 个中段,目前开采在 250 中段以上。

另外,桂阳县为开采西部矿边部,于 1981 年从标高 315 米开拓了平窿,称为“315 坑”,对揭露查明环境水文地质问题产生过重大影

响。

第二期建设中部铜钼矿(井下)与西部铅锌银矿(预计 1990 年完成)。

中部矿露天开采的接替部分转入井下开采,中段标高与东部矿保持一致并贯通,先期工程在 250 米中段以上。

西部矿是 80 年代初新发现并单独构成的大型矿床,埋藏深度较大,主要矿体在标高 150 米以下,自中部矿的 250 中段用盲斜井向西部掘进,先开拓 130、90、50 米标高三个中段。

宝山矿环境水文地质问题长期以来引起了城区居民、各级政府、环境保护部门的严重关注。自 1977 年开拓东部矿后,随着井下排水,矿区地下水位有相当大的降低,尤其是宝山矿需进行二期扩建,必然会引伸出两个环境水文地质问题:

1. 城区井水位、泉流量是否会降低或减少? 因为泉井出露的地层与矿山排水疏干的含水层是同一层位,且连在一起,为岩溶水。

2. 桂阳城处在洪积层上,若城区水位降至一定程度后,将引起地面变形,由此而波及建筑物的稳定性,危及居民的安全。

所以,宝山矿的环境评价,最关键、最重要的部分是环境水文地质,即能否保护好桂

- (454), 749—774 (1981).
- [7] Jung, H. J. et al., *Desertification in Europe*, pp: 35—48, D. Reidel, Dordrecht, 1984.
- [8] Frakes, L. A., *Climates Throughout Geologic Time*, pp: 29—96, Elsevier, Amsterdam, 1979.
- [9] Sagan, C. & Mullen, G., *Science*, 177, 52—56(1972).
- [10] Sagan, C., *Nature*, 269, 224—226(1977).
- [11] Owen, T. & Cess, R. D., *Nature*, 277, 640—641(1979).
- [12] Schidlowski, M., 早期的地球(陈庆宣等译), 120—134 页, 地质出版社, 北京, 1987 年.
- [13] Ронов, А. Б., *Геохимия*, 8, 1252—1277(1976).
- [14] Будыко, М. Н., 气候的过去和未来(翁笃鸣等译), 25—56 页, 208—254 页, 气象出版社, 北京, 1986 年.
- [15] Barnola, J. M. et al., *Nature*, 329, 408—414(1987).
- [16] Jouzel, J. et al., *Nature*, 329, 403—408(1987).
- [17] Friedli, H. et al., *Nature*, 324, 237—238(1986).
- [18] Machta, L., *Changing Climate*, pp: 242—251, National Academy Press, Washington, D. C., 1983.
- [19] 张宝政等, 地质学原理, 249—257 页, 地质出版社, 北京, 1983 年.
- [20] Arthur, M. A., *Climate in Earth History*, pp: 55—67, National Academy Press, Washington, D. C., 1982.
- [21] Machta, L., 人工影响天气和气候(王昂生等译), 485—513 页, 科学出版社, 北京, 1985 年.
- [22] Worsley, T. R., *Nature*, 230, 318—320(1971).
- [23] 张家诚等, 气候变迁及其原因, 213—255 页, 科学出版社, 北京, 1976 年.
- [24] Kondratyev, K. Ya., *Climate Shocks*, pp: 10—13, John Wiley & Sons, New York, 1988.
- [25] Tappan, H., *Palaeogeog., Palaeo climatol., Palaeoecol.*, 4, 187—210(1968).
- [26] 中科院上海植物所等, 植物生理学通讯, 1, 57—58(1980).
- [27] Lamb, H. H., 气候的变迁和展望, 338—347 页, 气象出版社, 北京, 1987 年.
- [28] Woodwell, G. M., *Changing Climate*, pp: 216—241, National Academy Press, Washington, D. C., 1983.
- [29] RaMaNathan, V., *Science*, 240, 293—299(1988).
- [30] Idso, S. B., *Theor. Appl. Climatol.*, 39, 54—56(1988).
- [31] Genthon, C. et al., *Nature*, 329, 414—419(1987).
- [32] 杨怀仁, 第四纪地质, 177 页, 高等教育出版社, 北京, 1987 年.
- [33] Jones, P. D. et al., *Monthly Weather Review*, 110(2), 59—70(1982).
- [34] Bryson, R. A. et al., 饥饿的气候, 164 页, 科学出版社, 北京, 1981 年.
- [35] Schlesinger, M. E., *Nature*, 335, 303—304(1988).
- [36] Roeckner, E., *Nature*, 329, 138—140(1987).

(收稿日期: 1989 年 2 月 12 日)

(Continued from p. 96)

realize effective control and considerable reduction of pollution discharge, but also raise the industrial output and environment-economic benefit. (See pp. 57—62)

Application of Triple Spline Functions to Determination of Dispersion Coefficient in the River

Qin Jianhou, Li Longdi and Deng Bo(Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing)

In order to obtain dispersion coefficient in the Zhengjiakou-Xuanhua section of the Yanghe River, the trace experiment has been done by using rhodamine B. An interpolation method of triple-spline function is described briefly and used to handle the experimental data of dilution and diffusion in the Yanghe River. The dispersion coefficient calculated in accordance with one-dimension diffusion model is $5.53 \text{ m}^2/\text{s}$ and then has verified with two-dimension diffusion model. The result shows

ows that the method mentioned above is correct and reliable. (See pp. 66—71)

CO₂ throughout Geologic Time and Its Greenhouse Effects

Wang Guiyong and Dong Guangrong(Institute of Desert Research, Academia Sinica, Lanzhou)

This paper queries the problem whether global climate warming in the future is due to the increase of carbon dioxide by human activities as it is said prevalently. The authors suggest that in view of CO₂ throughout geologic time, CO₂ component in the atmosphere has decreased from 91% primarily to 0.034% currently since formation of the atmosphere, nevertheless the present fluctuation of CO₂ would be the aggregate results of human activities and natural action both, not of human activities only. So, prediction of global warming based on CO₂ greenhouse effect is not of sufficient evidence according to the authors. (See pp. 79—83)