

茂名地区排放标准制定的原则和方法

唐永奎 陈新庚 李光凯

(中山大学环境科学研究所)

一、前言

排放标准是控制污染源的重要尺度。排放标准的确定是项很复杂的工作。容许一个工厂能排多少污染物至环境中,须考察污染物的形成及其在环境中迁移转化的规律,估算出环境对该种污染物有多大容量。根据环境流行病学和环境毒理学的研究,该种污染物进入环境中后,按其分布和浓度变化的规律,对生态系统和人体健康产生什么作用,这是制定排放标准的重要依据,即排放标准必须考虑环境质量标准。标准能否实行,受科学技术水平和社会经济条件的限制。由于环境条件有地区差异和时间的变化,环境的净化能力有空间和时间差异,经济发展水平也有地区差异,因此,全国需要有一个统一标准,在统一标准指导下,可以根据地区差异,制定地区排放标准。

二、环境质量评价是制定标准的先导

进行环境质量的控制,须了解环境质量的过去、现状及其发展的趋势。制定标准必须在环境质量评价的基础上进行,环境质量评价是制定标准的先导。

环境质量好坏是指环境对人们生活和生产产生有利和不利影响,特别对人群健康有无影响。

控制环境质量,须掌握环境质量的形成和变化。污染物是在人们生产和生活过程中产生的,要控制污染物的排出,必须掌握污染物形成的过程和条件。

污染物排至大气和水域与土壤中以后,

污染物如何发生质和量的变化,决定于污染物固有特性和所处的环境条件。

在某些条件下,稀释促使污染物浓度下降或转变为无毒物质;在一些条件下,可累积起来,浓度上升,或变为更毒物质。

污染物进入环境后,是否影响环境质量,具体表现在生态系统和人体健康上。根据环境流行病学和环境毒理学,建立污染物剂量与动、植物和人体健康之间相关性是制定环境质量标准的依据。环境质量标准(Q)是排放标准(E)的目标函数,即:

$$E=F(Q) \quad (1)$$

排放标准从严或从宽,视环境质量现状距环境质量的远近而定。所以,制定排放标准之前,须进行环境质量评价。

根据污染物形成过程及其在环境中迁移转化规律,环境质量标准和环境质量现状,建立排放标准计算的数学模式是项基础工作。

三、废气排放标准计算模式

大气质量的变化是进入环境中的废气综合作用的结果。因此,如何建立废气排放标准计算模式,目前还没有完全解决问题。国际上一般采用高斯扩散模式进行计算。例如日本采用下列模式:

$$q=k \cdot 10^{-3} H_0^2 \quad (2)$$

式中 q 为烟气排放速率(米³/时), H_0 为有效烟囱高度(米),即

$$H_0=H_0+0.65(H_m+H_f)$$

$$H_m=\frac{0.795(QV)^{1/2}}{1+(2.58/V)}$$

$$H_i = (2.01 \times 10^{-3}) Q (T - 288) [2.30 \log J + (1/J) - 1]$$

$$J = [1 / (QV)^{1/2}] [1460 - 296 \{ (V/T) - 288 \}] + 1$$

H_0 = 烟囱高度 (米)

Q = 15°C 时烟气量排放速率 (米³/秒)

V = 烟气排放速度 (米/秒)

T = 烟气温度 (°K)

K 是根据环境质量状况而确定的参数

我国已分布的废气排放标准是根据萨屯 (Sutton) 扩散公式和霍兰 (Holland) 抬升公式定出。

最近国务院环办“废气排放标准制定原则”协作组提出的废气排放标准计算模式与日本的模式相似。

二氧化硫排放标准计算模式为

$$q = P \times 10^6 H_0^2 \quad (3)$$

式中 q 为允许排放量 (吨/时); H_0 为有效烟囱高度 (米); P 为排放指标。

颗粒物排放标准计算模式为

$$q = 1.67 \times \frac{P}{(1-n)} \times 10^{-6} H_0^2 \quad (4)$$

式中 η 为电站燃煤锅炉除尘设备满负荷运行效率。

下面以制定茂名市排放标准为例:

茂名市共有 81 个烟囱, 其中最大企业石油公司有 35 个, 电厂 2 个, 绝大部分在 60 米以下, 只有 6 个超过 60 米, 它们密集在十几平方公里范围内, 按通常孤立高架源扩散模式计算有困难。1974 年在中山大学主持对《茂名地区地质, 本底和工业“三废”污染与人群健康情况调查》中, 已发现大气中二氧化硫浓度的变化: 自茂名市石油公司向四周下降, 呈有规律更替, 如图 1 所示。

1980 年制定废气排放标准时, 为了摸清茂名市污染物在不同大气稳定度下扩散的规律, 对 SO_2 进行实测, 采用对顶角双扇形布点法。将每次所得数据, 绘成浓度等值线分布图, 共得 240 张图。同时利用 130 米铁塔进行温度和风的垂直观测, 并进行小球测风和系留气球测温。在各监测点采集了桉树和木麻黄叶片, 进行含硫量分析。大气中 SO_2 浓度分布和叶片中含硫量的变化基本一致。

从 240 张图中, 选出下面二张, 从图 2、

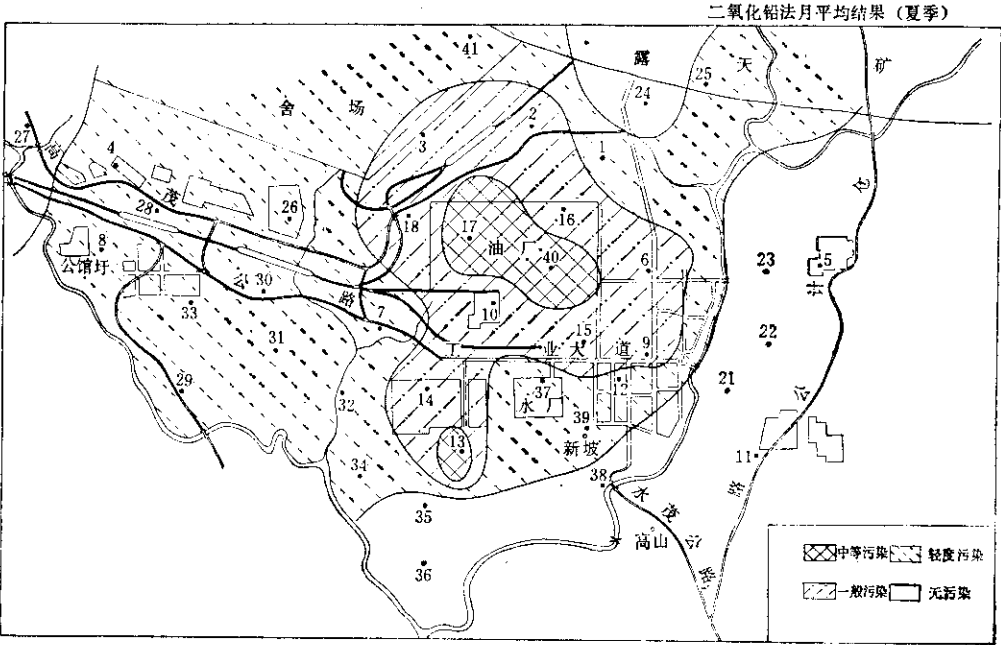


图 1 茂名市大气中 SO_2 污染分级图

图3中可看出, 在不同风向, 不同稳定度下, SO_2 浓度等值线分布基本接近椭圆形。由于布点仅距市中心八公里左右, 测得的浓度均为60米以下烟囱所贡献。按照实测结果, 我们对茂名市 SO_2 扩散规律, 采用了这样模式, 较密集的60米以下烟囱群作为面源原理。由于等值线呈椭圆形, 面源作为后退点源模拟。60米以上烟囱, 分别按孤立高架

点源计算。两者浓度迭加为地面浓度值。即为

$$\bar{C} = \bar{C}_{\text{面}} + \sum_{n=1}^i \bar{c}_{60\text{米}} \quad (5)$$

式中 $\bar{C}$ 为地面浓度, $\bar{C}_{\text{面}}$ 为面源作为后退点源模式计算浓度, $\bar{c}_{60\text{米}}$ 为60米以上烟囱按高斯扩散模式计算的浓度, n 为60米以上烟囱的个数。

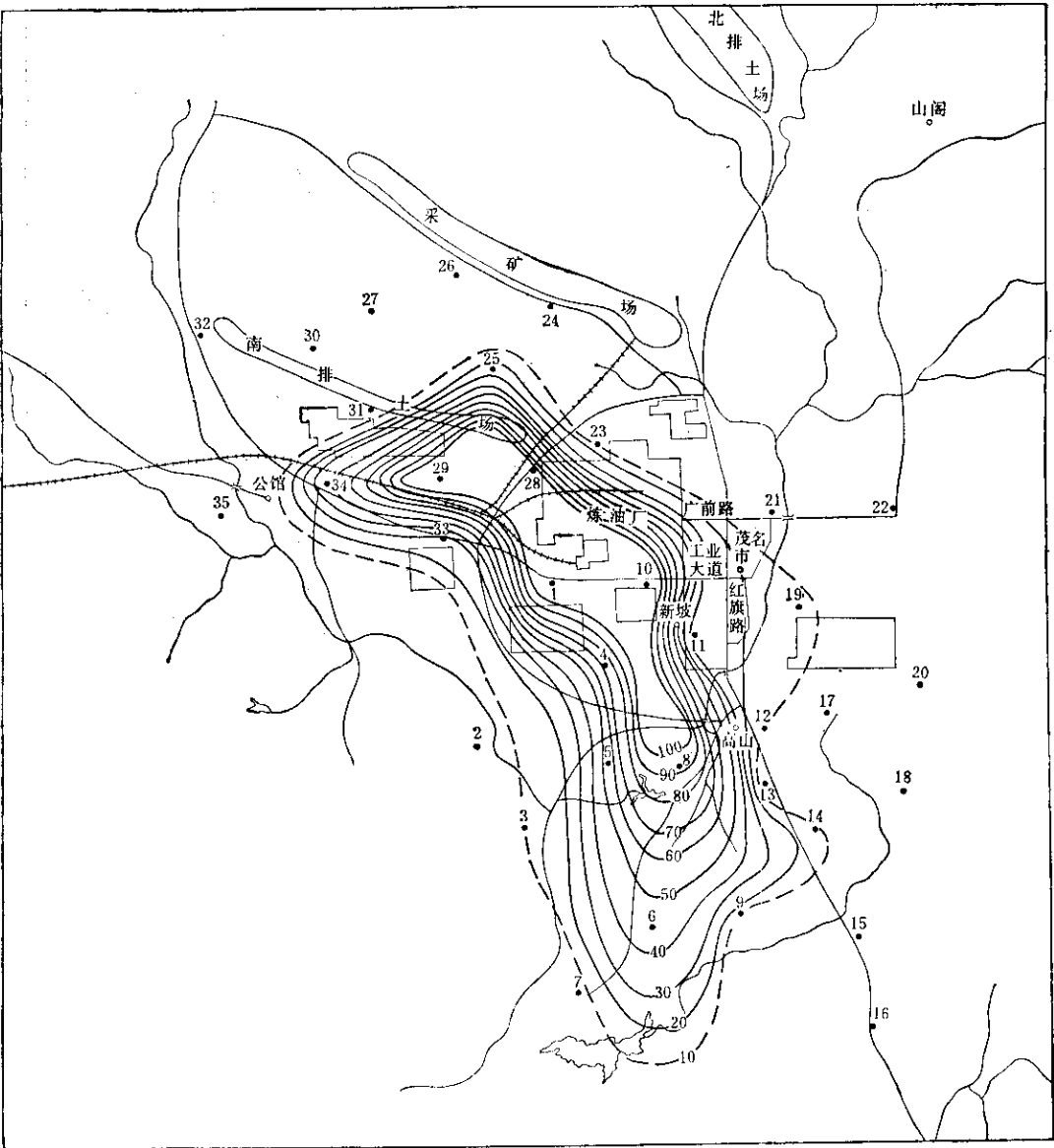


图2 茂名市大气污染调查

气象要素: 气压759.1mmHg, 气温11.6°C, 风向N, 风速5.0M/sec, 稳定度A-B1980年1月30日14:00

面源作为后退点源模拟，采用特纳尔 (D.B.Turner) 的《大气扩散估算手册》中的办法，把一定地区的全部排放源合并，将这一地区作为初始水平标准差 σ_y 的一个源。这样按 σ_y 可求出后退点源距面源中心的虚拟距离 x_y 。于是把 σ_y 确定为 $(x_0 + x_y)$ 的函数。 x_0 为测点距面源中心的距离，面源中有不同源高，可采用平均有效烟囱高

度，按此求 σ_z 。这样可以采用下列点源方程：

$$\bar{C}(x, y, 0, H_s) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z \bar{u}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H_s}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad (6)$$

式中 Q 为源强， $\bar{u}$ 为有效源高上平均风速，

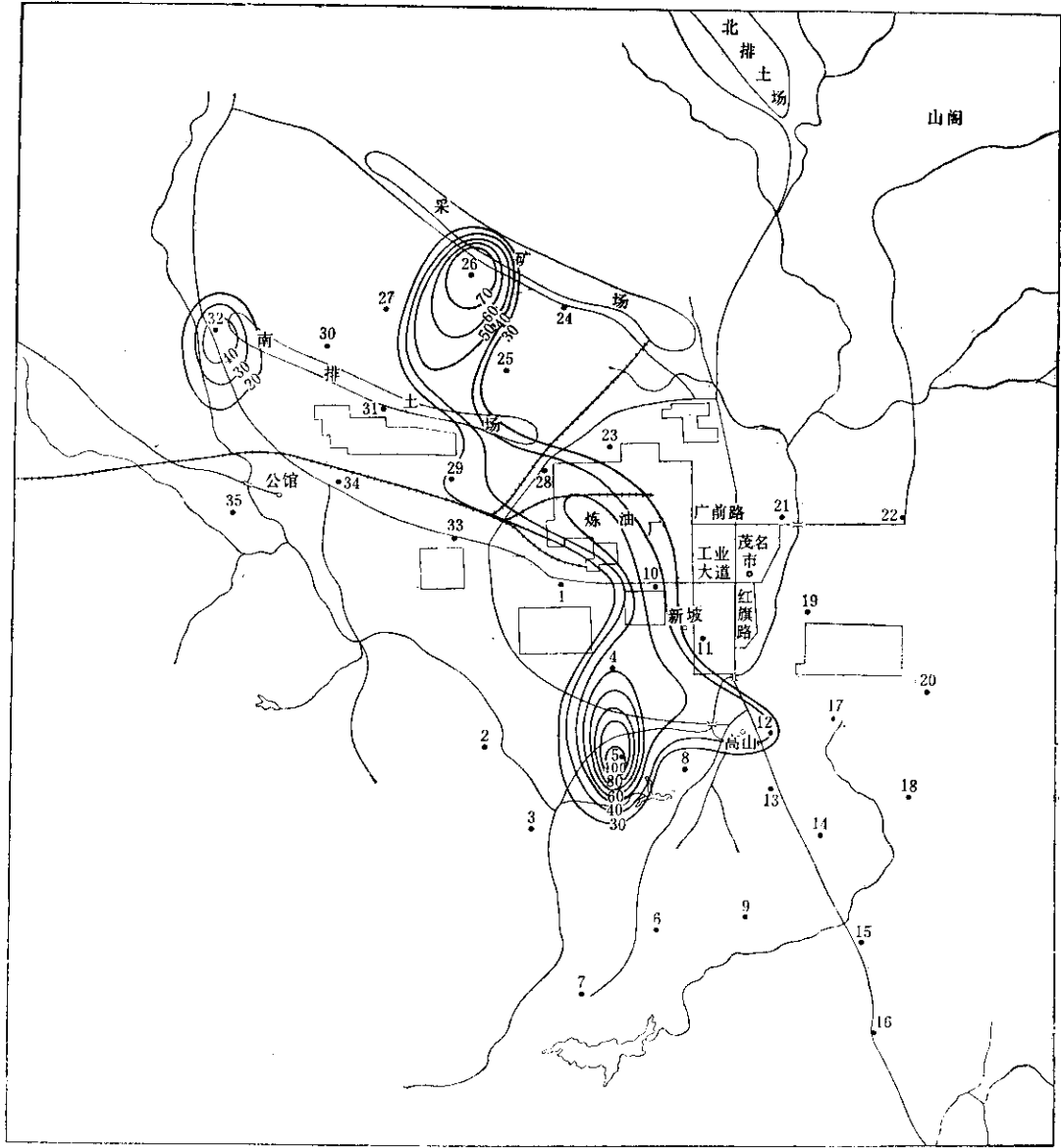


图 3 茂名市大气污染调查

气象要素：气压759.8mmHg；气温10.4℃；风向WNW；风速1.5M/sec；稳定度D-E1980年1月30日18:20

x 为测点距虚点源顺风方向的距离; y 为横风方向距离。

60米以上烟囱造成的地面浓度也按(6)式计算。

有效烟囱高度 He 等于烟囱高度 H 与烟抬升高度 ΔH 之和。烟抬升高度 ΔH 按布里格 (Briggs) 意见修正的斯米兹 (Smith) 公式计算即为:

$$\Delta H = 400 \frac{F}{u^3} \quad (7)$$

式中 F 为浮力通量参数, 即:

$$F = gV_s r_s^2 (T_s - T) / T_s \quad (8)$$

g 为重力加速度, V_s 为烟囱口烟气排放速度 (米/秒), r_s 为烟囱口半径 (米), T_s 为烟囱口烟气绝对温度 ($^{\circ}\text{K}$), T 为周围大气的绝对温度 ($^{\circ}\text{K}$)。

污染物横向分布标准差 σ_y 和垂直方向分布标准差 σ_z , 通常按巴斯奎尔 (Pasquill) 和特纳尔的 σ_y 和 σ_z 与下风向距离 (x) 和稳定度之间相关图查出。此相关图根据污染物在平坦旷野湍流稳定条件下扩散定出。如应用于城市需加以修正。由于城市建筑物密集, 地面粗糙度大, 同时有大量热量排出, 温度比四周乡村高, 有热岛效应, 城市上空大气稳定度级别应高于乡村。根据国内外经验, 巴斯奎尔-特纳尔相关图用于城市, 稳定度必须提高一级, 再行查出 σ_y 和 σ_z 。即城市扩散比乡村快。茂名市是近海的中等城市, 处于红岩盆地中。城市气象情况不同于大城市。根据实测和 SO_2 浓度等值线图, 按下列公式计算:

$$\sigma_y = \left\{ 2l_n \left[\frac{c(x, 0, 0; H_s)}{c(x, y, 0; H_s)} \right] \right\}^{1/2} \quad (8)$$

计算值与巴斯奎尔-特纳尔相关图中 σ_y 比较, 采用同一稳定度, 计算值偏低 (见图4), 稳定度提高半级, 两者有良好相关 (图5)。

按稳定度提高半级计算, 查出 σ_y 和 σ_z 代入模式中, 求出 SO_2 浓度值与实测值有较好

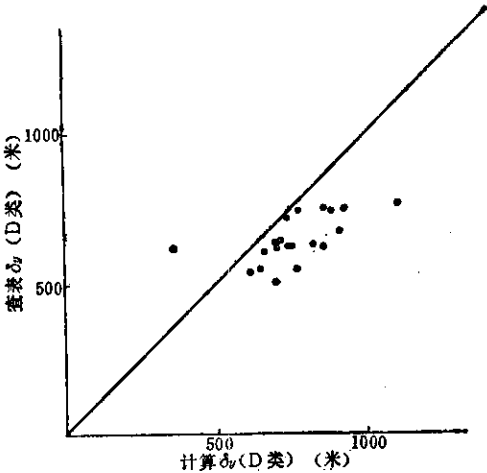


图4 计算 σ_y 值与图表D类 σ_y 值相关图

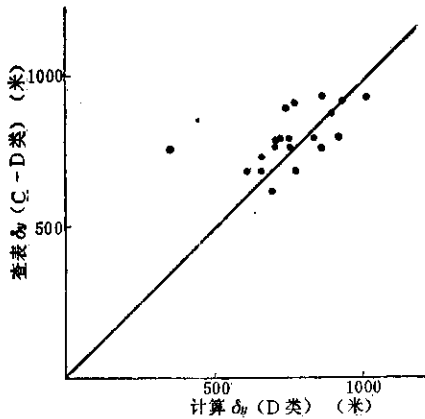


图5 计算 σ_y 值查表C-D类 σ_y 值相关图

相关 (见图6)

茂名市大气环境质量标准尚未制定, 以卫生部门制定大气中有害物质最高容许浓度作为制定排放标准的尺度, 即控制排放源使茂名市大气环境质量不低于卫生水平。

按源高60米以下面源和60米以上点源对地面污染物浓度所作的“贡献”, 求出其分配比。设面源与点源之比为 $A:B$, 如以大气一次测定有害物质最高容许浓度作为容许地面最高浓度, 设为 C_{max} , 则面源贡献将应为 AC_{max} , 点源贡献为 BC_{max} 。依此按下列公式分别求出面源和点源容许排放速率 (Q_{SA} 和 Q_{SP}):

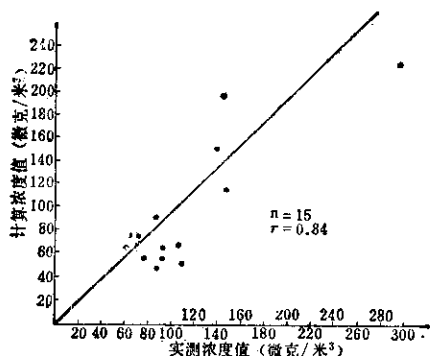


图 6 稳定度提高半确定扩散系数 SO_2 计算值与实测值相关图

$$\left. \begin{aligned} Q_{SA} &= \frac{l\pi H_e^2 \bar{u}}{2} \times \frac{\sigma_y}{\sigma_z} \times AC_{max} \\ &= 4.269 H_e^2 \bar{u} AC_{max} \frac{\sigma_y}{\sigma_z} \\ Q_{SP} &= 4.269 H_e^2 \bar{u} BC_{max} \frac{\sigma_y}{\sigma_z} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

其中 $\sigma_z = H_e / \sqrt{2}$,

60米以上源高按上式求出的容许排放速度,可作为排放标准。

60米以下源高的面源按上式求出的容许排放速率,除以该类烟囱数目,

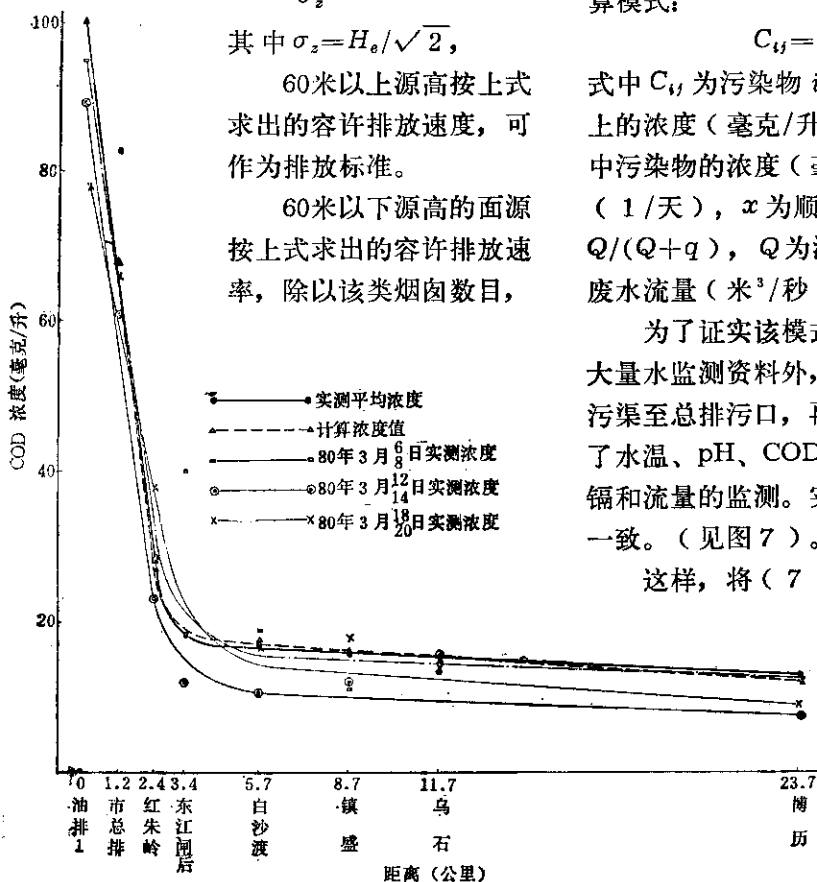


图 7 小车江—梅江流域COD浓度沿程变化图

作为排放标准。采用平均分摊的办法。对采用不同燃料, 要求排放标准不同。

这样计算, 没有考虑可能增加新的污染源。如增加新工厂时, 在影响评价时, 对新厂应有较高要求, 对旧厂容许的排放速率可适当加以调整。

四、水域排放标准的制定

排放标准的制定分浓度控制标准和总量控制标准。

国外制定水域排放标准和最近制定全国水污染物排放标准均采用斯特里特 (Sfreefer) 和费尔普斯 (Phelps) 的计算模式。

这样全市废水当作点源处理, 按照污染物在河流中衰减规律, 建立废水排放标准计算模式:

$$C_{ij} = dc_0 e^{-kx} \quad (10)$$

式中 C_{ij} 为污染物 i 经过河长 x 后在 j 断面上的浓度 (毫克/升), C_0 为总排污口河水中污染物的浓度 (毫克/升), k 为衰减系数 (1/天), x 为顺流向的河长 (米)。 $\alpha = Q/(Q+q)$, Q 为河水流量, q 为总排污口废水流量 (米³/秒)。

为了证实该模式的可靠性, 除分析历年大量水监测资料外, 从各污染源排污口经排污渠至总排污口, 再沿河一直至河口, 进行了水温、pH、COD、油、酚、硫化物、铅、镉和流量的监测。实测结果与计算结果基本一致。(见图7)。

这样, 将 (7) 式加以变换, 得:

$$C_{i排} = \frac{C_{imax}}{\alpha \cdot e^{-kx}} \quad (11)$$

式中 $C_{i排}$ 为总排污口污染物 i 容许排放浓度, C_{imax} 为地面水容许污染物 i 的最大浓度。根据各污染源对总排污口排出污染物 i 的总量所

占比例，求出各污染源的分担比率。按分担比率，定出每一污染源容许排放污染物 i 的浓度。这样，虽采用浓度标准，实际已贯彻总量控制原则。

五、小 结

制定排放标准是控制环境质量的最基本工作，需要制定全国统一排放标准。但由于我国幅员广大，环境复杂，必须制定地区排放标准。根据污染物形成及其在环境中迁移转化规律，建立排放标准计算模式是制定标准的关键工作，按模式计算的结果，定出的排放标准，是否切实可行，还有很大距离，必须依据当前科学技术水平和社会经济条件修定排放标准的计算值，因此，制定茂名市排放标准，分近期标准和远期标准。近期标准是根据现有条件能够实行，能达到控制污染不使之发展，或达到控制污染的历史最好水平。近期标准执行时间不宜过长，一般为2至3年。远期标准是以上述模式为基础定出，希望能逐步达到环境质量良好的水平。

参 考 文 献

- [1] Arthur C. stern, Air Pollution, I - V, Academie press, 1976.
- [2] 杉木昭典, 水质汚浊现象防止对策, 技报堂, 1974.
- [3] A. James, Mathematical Models in water pollution Control, John Wiley and Sons, 1978.
- [4] N. L. Nemerow, Scientific stream pollution Analysis, McGraw-Hill Book Company, 1974
- [5] 近藤次朗, 数学モデル, 丸善株式会社, 1974
- [6] Joseph L. Pavoni, Handbook of water Quality Management planning, Van Nostrand Reinhold Company, 1977.
- [7] Proceedings of The Warsaw Symposium, Mathematical Models in Hydrology, I - III, Iahs-Aish publication, 1971.
- [8] Hsieh Wen shen, Modeling of Rivers, A Wiley-Interscience Publication, 1979.
- [9] T. H. Y. Tebbutt, Principles of Water Quality Control, Pergamon Press, 1977.
- [10] G. F. Pinder and W. G. Gray, Finite Element Simulation In Surface and Subsurface Hydrology, Academic press, 1977.