

大区域工业污染源评价的计算机模拟

李 和 顺*

(河北省科学院应用数学研究所)

一、引 言

1980年8月,石家庄市工业污染源评价在计算机上首次实现。

1981年下半年,河北省工业污染源评价以九个地(市)为代表(即保定地区、保定市、邯郸地区、邯郸市、石家庄市、承德市、唐山市、张家口市、秦皇岛市等),在计算机上首次实现。

本文试图以《河北省工业污染源评价实施方案》^[1]为例(以下简称《方案》),简要说明大区域工业污染源评价在计算机上是怎样实现的,以适应环境科学、数学、计算机科学交缘的发展趋势。

二、内 容

(一) 评价目标、要求与程序功能 评价目标及要求就是有关的应用软件应该具备的功能,具体到《方案》见下页表1。

(二) 数学模型 计算机模拟依据的数学模型通常可从评价模式的研究中得到^[2],也有的要对评价模式进行数值化处理或必要的修正才能编程上机。

《方案》提出的数学模式和评价指标分别举例如下(内附编程上机时的修正公式例):

1. 求污染物的环境影响潜在指数

$$P_i = \sum_{j=1}^n K_{ij} \frac{m_i}{C_i} \alpha_j \quad (1)$$

$$P_i = K \frac{m_i}{C_i} \beta_h \quad (2)$$

式中 P_i 为某种污染物环境影响潜在指数; m_i

为某种污染物的日平均绝对排放量(吨/日); C_i 为某种污染物的评价标准(水:毫克/升;气:毫克/米³); K_{ij} 为某种污染物的环境功能系数(是对同一污染源及污染物、影响不同水体功能所具有的潜在污染能力差异的调整系数); K 为环境区域系数(指在不同环境区域不同风速条件下污染物对区域环境污染能力的调整系数); α_i 为水体功能用废水水量分配系数(指同一污染源排出的废水用于水体不同功能的水量分配系数); β_h 为排气筒高度修正系数(指不同高度的排气筒排放的污染物对环境区域污染能力的调整系数)。

在编程上机时,笔者对上述公式的修正如下:

$$(1) \quad P1_{ijk} = \sum_{l=1}^n \left(K1_{il} \cdot \frac{M1_{ijk}}{C1_j} \cdot \alpha_{ikl} \right)$$

$$P1_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \left(K1_{il} \cdot \frac{M1_{ijk}}{C1_j} \cdot \alpha_{ikl} \right)$$

其中 i 为某厂; j 为某种污染物(废水系列); k 为某厂某个废水排污口 (n 代表排污口个数); l 为某种水体功能,而新增加的 $P1_{ijk}$ 公式是计算第 i 厂第 j 种污染物于第 k 个排污口的环境影响潜在指数用。

$$(2) \quad P2_{ijr} = K2_{ijr} \cdot (M2_{ijr}/C2_j) \cdot H_{ijr}$$

$$P2_{ij} = \sum_{r=1}^s [K2_{ijr} \cdot (M2_{ijr}/C2_j) \cdot H_{ijr}]$$

* 北京师范大学刘培桐教授、王华东副教授、车宇瑚同志、沈阳市环境监测中心站陈复同志等对本文初稿进行过指教;地质部水文研究所林珮瑶、罗绍杰同志对本工作给予帮助。在此谨表衷心谢意 参加本工作的人员还有:胡俊萍、张丽、袁月刚、张凤岗、陈锡昌、郭士、孙玉良、王秋乐、方秉和、符啸剑、张均显、张志敏、曹俊杰、弓惠苒、常洪利、曹金章。

表 1

单位 系 列		计算 项目	计算环境影响潜在（指数/总指数）					计算环境影响潜在率指数并排队						
			各污物	各工业 部门	各隶属 关系	各河流 流域	河流 流域	总指数	各污物	各工业 部门	各隶属 关系	各河流 流域	各厂矿 企业	各县 (区)
各厂矿企业	水	✓	○	○	○	○	✓	✓	○	○	○	○	○	○
	气	✓	○	○	○	○	✓	✓	○	○	○	○	○	○
各县(区)	水	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○
	气	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	✓	○	✓	○	○
各地(市)	水	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○
	气	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	○
全 省	水	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	气	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	✓	○		✓	✓

注 ✓ 代表该程序能计算此指数(或总指数);

○ 代表没有此项参数;

空格代表这次没计算此项参数;斜线上方代表指数,下方代表总指数。

同原式(2)相比, P_{2ij} 替换 P_i ; K_{2ijr} 替换 K ; M_{2ijr} 替换 m_i ; C_{2i} 替换 C_i ; H_{ijr} 替换 β_h 。其中 r 为某厂某个排气口(r 代表该厂废气排放口个数)。 P_{2ijr} 公式的意义为计算某厂某排气口某种污染物的环境影响潜在指数。

2. 求 pH 值的环境影响潜在指数

$$P_i = \sum_{j=1}^5 K_{ij} \left\{ \begin{array}{l} \frac{C_i - \bar{L}_{ij}}{L_{\min} - \bar{L}_{ij}} \text{ 或 } \frac{C_i - \bar{L}_{ij}}{L_{\max} - \bar{L}_{ij}} \\ \text{(当 } L_{\min} \leq C_i \leq L_{\max} \text{ 时)} \\ B_{\max} \cdot \left(1 - \frac{C_i}{L_{\min}}\right) + \frac{C_i}{L_{\min}} \\ \text{(当 } C_i < L_{\min} \text{ 时)} \\ B_{\max} \cdot \left(\frac{C_i - L_{\max}}{L_{\min}}\right) \\ + \frac{(L_{\max} + L_{\min} - C_i)}{L_{\min}} \\ \text{(当 } C_i > L_{\max} \text{ 时)} \end{array} \right\}$$

$$\cdot \alpha_j \cdot Q \cdot 10^{-6}$$

$$B_{\max} = \bar{P} - \sum_{i=1}^n (C'_i / C_{i0}) / n$$

式中 P_i 为 pH 值环境影响潜在指数; C_i 为 pH 值实测值; \bar{L}_{ij} 为 pH 值标准值的平均值; L_{\min} 为 pH 值标准值的下限值; L_{\max} 为 pH 值标准值的上限值; α_j 为水体功能用废水水量分配系数; Q 为工矿企业日平均排放废水绝对量(吨/日); B_{\max} 为修正值; \bar{P} 为各污染物单项污染值的平均值; C'_i 为各污染物的最大实测浓度值; C_{i0} 为各污染物的评价标准(毫克/升); n 为污染物种类数。

编程上机时, 对该公式作了进一步的修正:

当 $\bar{L}_{ij} \leq C_i \leq L_{\max}$, 则

$$P_i = \sum_{j=1}^5 K_{ij} \left(\frac{C_i - \bar{L}_{ij}}{L_{\max} - \bar{L}_{ij}} \right) \cdot \alpha_j \cdot Q \cdot 10^{-6};$$

当 $L_{\min} \leq C_i < \bar{L}_{ij}$, 则

$$P_i = \sum_{j=1}^5 K_{ij} \cdot \left(\frac{C_i - \bar{L}_{ij}}{L_{\min} - \bar{L}_{ij}} \right) \cdot \alpha_j \cdot Q \cdot 10^{-6};$$

当 $0 < C_i < L_{\min}$, 则

$$P_i = \sum_{j=1}^5 K_{ij} \cdot \left[B_{\max} \left(1 - \frac{C_i}{L_{\min}} \right) + \frac{C_i}{L_{\min}} \right] \cdot \alpha_j \cdot Q \cdot 10^{-6};$$

当 $C_i > L_{\max}$, 则

$$P_i = \sum_{j=1}^5 K_{ij} \cdot \left[B_{\max} \cdot \left(\frac{C_i - L_{\max}}{L_{\min}} \right) + \frac{L_{\max} + L_{\min} - C_i}{L_{\min}} \right] \cdot \alpha_j \cdot Q \cdot 10^{-6}$$

3. 求区域污染物环境影响潜在率指数

$$R_i = P_i / P_r \times 100\%$$

式中 R_i 为区域某种污染物环境影响潜在率指数; P_i 为区域某种污染物环境影响潜在指

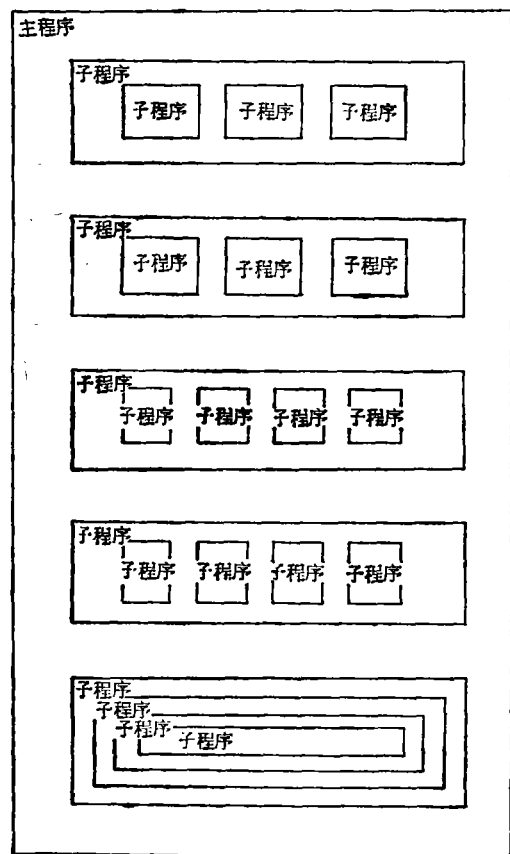


图1 主程序和子程序的嵌套关系

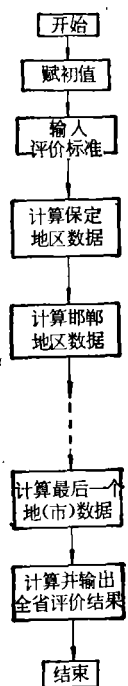


图2 主程序图

数; P_r 为区域同系列环境影响潜在总指数。某厂、工业部门、隶属关系、流域的环境影响潜在率指数,均按该方法计算。

(三) 统计报表和原始数据单

环境保护和监测部门的有关统计报表最好直接作为上机计算用的原始数据单。这次与省环境保护局共同商定的通用报表有七种: 1. 工业废水评价标准及 K_{ij} 系数值; 2. 居住区大气污染物排放标准; 3. 废水系列污物绝对量数据表; 4. 企业废水水量分配系数表; 5. 废气系列污物绝对量数据表; 6. 环境区域系数数据表; 7. 排气筒高度修正系数数据表。因篇幅所限,各表均从略。

(四) 程序设计

大区域评价一般涉及范围广,层次多,监测值种类不少,计算机输出量很大,运算庞杂。

为了确保计算质量,应该设计多个子程序(可以多层嵌套),供主程序调用。这样可以缩短应用程序长度,提高功能,节省内存。

为了满足《方案》要求,笔者提出的程序设计简要如下:

1. 主程序和子程序的嵌套关系(见图 1)
2. 主程序(见图 2)
3. 子程序

(1) 计算地(市)评价结果子程序

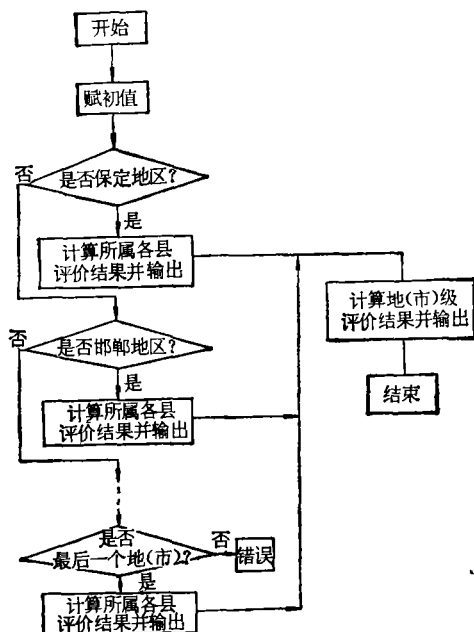


图 3 计算地(市)评价结果子程序图

(2) 计算县(区)评价结果子程序

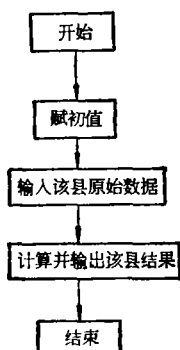


图 4 计算县(区)评价结果子程序图

(3) 扫描子程序(见图 5)

除上述子程序外,还有评价计算子程序;对 c 个元素的集评价子程序之一;对 c 个元

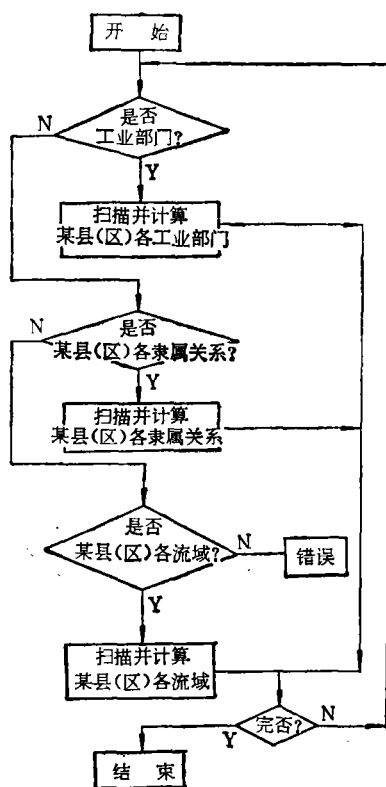


图 5 扫描子程序图

素的集分类子程序之二;输出一维数组子程序;输出一维数组排队结果子程序;输出二维数组子程序;输出二维数组排队结果子程序;空行子程序之一;空行子程序之二;打印子程序之一;打印子程序之二;打印子程序之三;打印子程序之四。

(五) 代号设计

计算机模拟大区域工业污染源评价使机器输出量相当大,这对能输出汉字的机器尚可适应,但是对于不能输出汉字的机器系统则成了棘手的事情。为此,提出代号设计问题。代号设计必须面向环境保护科技人员,特别是不能脱离其文化水平和接收能力;必须从《方案》出发,不能脱离《方案》另搞一套代号,以免造成烦琐和混乱,以利于有关专业人员查阅机器输出的评价结果;必须考虑机器的性能,不要脱离机器性能(特别是各种打

印机的性能)去搞代号设计。

从上述原则出发,在 DJS-6 机上,我们采取汉语拼音字母和阿拉伯数字相结合的方式设计了组合型代号。简要说明如下:

1. 组合型代号 该代号自左至右分五部分,即:

指数符	区域符	系列符	功能符	下标
-----	-----	-----	-----	----

其中指数符见附表 1,区域符见附表 2,系列符见附表 3,功能符见附表 4,下标见附表 5。例如: PX1B[1, 3]。通过查附表,可知其代表:涞源县煤炭工业部门废水系列污染物环境影响潜在总指数。

2. 附表

附 表 1

意义 代号	指 数
P	环境影响潜在指数
R	环境影响潜在率指数

附 表 2

意义 代号	区 域
S	省
D	地(市)
X	县(区)

附 表 3

意义 代号	系 列
1	废水系列
2	废气系列

3. 自动查表问题 对于能输出汉字的计算机而言,上述人工查表可由机器自动查表代替。评价结果中的汉字则由机器直接输

附 表 4

意义 代号	功 能
Z	总指数
W	污染物
B	工业部门
L	隶属关系
Q	企业
H	流域
HZ	流域总指数
QW	某企业中某污染物

出,这对环境保护科技人员将会更加方便。

(六) 通用性问题

大区域评价要求程序有很强的通用性,这次初步能适应以下十二项参数的变动:
1. 废水系列污物种类个数; 2. 废气系列污物种类个数; 3. 某厂矿企业废气排放口个数; 4. 某厂矿企业废水排放口个数; 5. 某厂矿企业 pH 值监测口个数; 6. 某县(区)参加废水系列评价的厂矿企业个数; 7. 某县(区)参加废气系列评价的厂矿企业个数; 8. 某地(市)参加废水系列评价的厂矿企业个数; 9. 某地(市)参加废气系列评价的厂矿企业个数; 10. 某地(市)参加评价的县(区)个数; 11. 省内参加评价的地(市)个数; 12. 计算结果输出格式中每页的行数。

(七) 阶段性小结

1. 以上所述软件设计能否实现《方案》的技术要求,要通过对各种实例的模拟来验证。
为了能大致代表全省,选择实例时应考虑地域广度、行政区划大小、各种工业的分布、风景区问题等。为此,选定以下九个地(市): 张家口市(冀北)、唐山市(冀东,重工业城市)、秦皇岛市(商港,包括北戴河风景区)、承德市(包括著名风景区避暑山庄)、保定地区(河北省最大的专区,共 22 个县,包括白洋淀)、保定市、石家庄市(冀中,省会,新兴工业城市)、邯郸地区(冀南, 15 个县,包括河

附 表 5

功能符 区域符	Z	W	B	L	Q	H	HZ	QW
X	仅一个下 标,见表 8.	2个下标, 前者见表8, 后者见表6 污物栏.	2个下标, 前者见表8, 后者见表6 工业部门 栏.	2个下标, 前者见表8, 后者见表6 隶属关系 栏.	仅1个下 标,见原始 数据单.	2个下标, 前者见表8, 后者见表6 流域栏.	仅1个下 标,见表8.	2个下标, 前者见原始 数据单,后 者见表6污 物栏.
D	仅一个下 标,见表 7.	2个下标, 前者见表7, 后者见表6 污物栏.	2个下标, 前者见表7, 后者见表6 工业部门 栏.	2个下标, 前者见表7, 后者见表6 隶属关系 栏.	仅1个下 标,见原始 数据单.	2个下标, 前者见表7, 后者见表6 流域栏.	仅1个下 标,见表7.	2个下标, 前者见原始 数据单,后 者见表6污 物栏.
S	无下标	仅1个下 标,见表6 污物栏.	仅1个下 标,工业部门 栏.	仅1个下 标,见表6 隶属关系 栏.	待定	仅1个下 标,见表6 流域栏.	无下标	—

附 表 6

意义 下标	流 域	工业部门	污 染 物		隶属关系
			废水系列	废气系列	
1	南运河	冶金	pH值	二氧化硫	中央 省 地(市) 县(区)
2	清漳河	电力	汞	氮氧化物	
3	漳 河	煤炭	镉	一氧化碳	
4	滏阳河	石油	铬	漂 尘	
5	牛尾河	化工	砷	氟	
6	清凉河	机械	铅	氯	
7	交 河	建材	悬浮物	二硫化碳	
8	冶 河	食品	化学耗氧量	：	
9	石津渠	纺织	硫化物		
10	漳沱河	造纸	挥发性酚		
11	子牙河	森林	氰化物		
12	潞龙河	其它	有机磷		
13	拒马河		石油类		
14	府 河		铜		
15	大清河		锌		
16	洋 河		氟		
17	桑干河		硝基苯类		
：	：		：		
：	：		：		

注：其中各栏目下标均取自《方案》中有关表格序号。

附 表 7

下 标 区 域	1	2	3	4	5	6	7	… …
地(市)	保定地区	邯郸地区	邯郸市	保定市	张家口市	石家庄市	承德市	… …

附表 8

区域 下标	县(区)	区域 下标	县(区)
1	津源	16	阜平
2	易县	17	曲阳
3	涞水	18	定县
4	涿县	19	安国
5	新城	20	博野
6	定兴	21	蠡县
7	容城	22	高阳
8	雄县	23	武安
9	满城	24	⋮
10	徐水	25	⋮
11	唐县	26	⋮
12	望都	27	⋮
13	完县	28	⋮
14	清苑	29	⋮
15	安新	30	⋮

北省钢铁基地)、邯郸市等。

2. 计算结果评价 本文第二部分第一节提出的程序功能都可以实现。各地(市)上机时间(包括打印输出)从 40 分钟到 100 分钟不等。机器输出的评价结果(约 20 万参数)经验收后,有关人员表示满意,认为符合计算区域的环境实际,笔者提出的软件设计基本上实现了《方案》的技术要求。

三、启示和建议

(一) 新学科问题

这次《方案》在计算机上的实现,充分反映了环境科学、数学、计算机科学的互相渗透,这是现代科学发展综合化趋势的具体表现,在这种趋势里孕育着许多新的边缘学科(交叉学科),它们突破常规旧习,采用着新技术手段和新研究方法,推动各学科不断取得新的进展。

(二) 科学分工问题

用计算机模拟《方案》,使一个地(市)的评价计算和分类由数十天缩短为数十分钟,这有利于环境保护科技人员摆脱烦琐冗杂的计算,把精力集中到方案论证、制订规划、加强监测网、注重防治研究等方面上来,使分工带有科学性。

(三) 非数值应用问题

国家确立以应用为重点发展计算机工业的方针,因此,应用软件和应用系统的研制已成当务之急。计算机科学的应用研究应该突破数值计算的傳統范围,向非数值应用的广阔领域进军。这次《方案》在计算机上的实现,仅仅是一个初步尝试。

参 考 文 献

- [1] 河北省环境保护局编,河北省工业污染源评价实施方案,1980 年。
- [2] 河北省环境保护局,河北省环境科学学会编,河北省环境科学学会文选,1982 年。

比 较 测 臭 法

目前,各国都有一些测臭法,它们均建立在嗅觉基础上。有些检测法所需的物理捕获器至今还不能制造,有些因受风向和风速等各种气象条件限制,还有些因不能连续测定发酵、热降解和氧化等复合臭气而不能有效地测臭。最近,法国凡尔勒彼蒂研究中心的大气环境技术研究部发明了一种比较测臭法,可以简便和客观地测定臭气。此法是建立在样品稀释和臭味鉴定的基础上,具体操作过程有取样、样品稀释和用呼吸面具鉴定等。操作时,先用流量大于测臭法运转所需流量的隔膜式泵,在需测定的地点采样。然后,将样品气体放在一个空气泵内,由

额定流量为 150 升/分的隔膜式压缩机产生的空气经活性炭滤筒过滤和净化,通过相应的管道送入样品内,稀释样品,得到一个稀释的清洁空气样品。最后,将这一稀释样品送入颊鼻式呼吸面具内。鉴定者手拿两个呼吸面具,交替地用鼻闻方法鉴定每一个管道中臭气的臭味程度,以便从两个样品中鉴定出臭味厉害的一个样品。这样经连续鉴定可获得两个臭味程度相等的样品。

(洪翠宝编译自《Pollution atmosphérique》,

No. 12, p. 250, 1982)