

研究报告

南京市城区环境质量评价的研究*

熊广政 李邕复 季子修 朱季文 蒋自巽 何国瑜

(中国科学院南京地理研究所)

南京市位于长江下游,城区由江南的秦淮、建邺、白下、玄武、鼓楼、下关六个区组成,面积 64 平方公里,人口一百万左右,境内平原、岗丘、河湖交错分布,林木葱茂。82% 为海拔 10 米以下的冲积平原,其余为岗地残丘。秦淮河和金川河是城内主要河道,均注入长江。城东北的玄武湖和西南的莫愁湖是风景游览地,属环境保护一类地区。季风气候影响明显,夏半年炎热多雨,冬半年寒冷干燥,全年风向多为偏东风。全市各类绿地总面积有 6000 多公顷,建成区各类绿地面积占其总面积的 30%,绿化对净化空气、降低噪声、美化环境起了一定的作用。但近年来,由于在城市规划中缺乏经验,在工业布局 and 环境保护方面也出现了一些新的问题,导致了一些地区的水源、空气等方面出现了不同程度的污染。

为制定区域环境保护综合防治规划,我们开展了南京城区污染源和环境污染状况的调查和监测,在此基础上,我们结合国内外的经验,应用环境质量指数的方法^[1-3],对南京城区进行了环境质量现状评价和环境区划。本文就南京城区环境质量综合评价的原则和方法作一介绍。

一、环境质量评价的理论基础

环境是由多层次、多介质组成的复杂系统。人类活动产生的污染物质进入这个系统后,在自然因素的作用下发生各种运动和变

化。如随着气流和水流迁移和扩散,并伴随一系列物理化学和生物化学的过程,而在各个界面上,污染物的累积和转化更为复杂。这样,在一个特定的环境内,自然界原有的物质循环中叠加了特异的新的物质循环,使它同周围的区域具有不同的环境特点和质量,从而形成了一种具有独立结构的环境单元。

环境单元是用来反映受人类活动影响的区域环境概念,其主要的特点是:

(一) 环境单元是人类和环境各组成成分在历史上相互作用,相互制约下发生和发展起来的综合体。由于人类活动这个活跃的因素参与,特别是近代科学技术的蓬勃发展,这个综合体的变化速率较快,而自然综合体的变化速率通常相对较为缓慢。

(二) 人类活动产生的污染物质进入空气、水、土壤等环境组成要素后,通过物质、能量交换和信息传输,使各组分有机地结合成新的统一的整体,形成了性质上与单纯由各环境要素综合形成的整体有所不同的新的形成物。

(三) 人和环境或环境中各结构单元与各组成要素之间存在着相互影响、相互作用、相互制约的关系,存在着一个动态平衡的关系。当人类活动打破了这些关系时,就会引

* 本工作在南京市环境保护办公室领导和组织下进行。参加现场调查和化验工作的还有:舒金华、何腾高、沈道齐、龚璋、顾丁夕、陈新秋、张福保和南京大学气象系王彦昌、潘裕强等同志。

起一系列的连锁反应,从而引起该地区环境质量相应的变化。例如,把大片森林砍光,失去了积聚和贮存水分的中心,久之则变成荒芜的不毛之地。所以,对任何环境要素的作用,都不可避免地触及所有的内在联系,引起整体环境质量的改变。但是,这种变化使综合体得到一种新的性质,这种性质与变化前的性质是不同的。

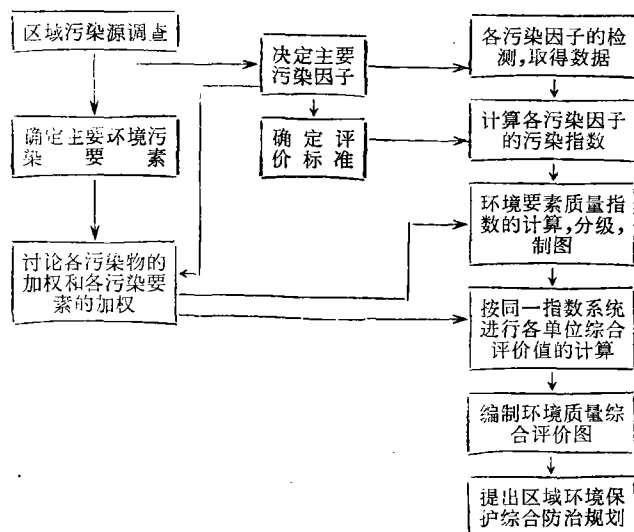
环境质量综合评价的对象就是这样的环境单元。评价的任务在于客观地研究各种环境单元的特点,分析它们的分异情况,探索它们的形成和发展的机理,从而为制定环境保护规划和区划提供科学依据。因此,环境的地域分异规律乃是环境质量评价的理论基

础。

这里所说的环境的地域分异主要是指污染源和环境条件相互作用发生的地区差异。不同的污染源,构成的环境单元各有特点,带来的环境问题各不相同;同一类污染源由于所处的环境条件不同,构成的环境单元既有共性,也有不同的个性。因此,根据污染源和环境条件等方面的地域差异,可选取一定的指标进行环境单元的等级划分和环境质量评价,从而建立起区域环境质量的模型。

二、评价的原则和方法

南京市城区环境质量综合评价按下图所示程序进行:



在这些程序中,我们对选择评价参数、确定权系数和建立数学模式三个关键环节进行了较为深入的研究。

(一) 选择评价参数

正确参数的选择取决于评价的目的和对区域污染源、污染状况与环境条件的全面分析。显然,不同的目的或不同的地区选取的代表性污染物和环境污染要素是不完全相同的。城市和乡村,大城市的城区与郊区的环境特点不同,选取的参数就不可能相同。城市(尤其城区)除了重点注意空气污染要素外,还要考虑噪声这一污染因素。相反,乡村

或郊区常常是水、土壤、农药残留量、生物等因素显得更为重要。以渔业为目的的水质评价,应选择 DO(溶解氧)等有关的项目为参数。又如以化工企业为主体的地区,评价显然应选取有机污染物为主;以电子工业为主的地区,以选取重金属为主,如此等等。对整体环境质量综合评价来说,选择的参数尽量齐全一些有利。

总之,要比较客观地反映区域环境质量的质的特性和量的差异,必须找出决定环境质量变化的主要矛盾和矛盾的主要方面,即要深入研究和认真选取那些导致环境质量下

降的环境要素和标志性污染物为评价参数。

城市空气污染一般影响范围较广,危害较大,因此,空气质量在城市环境质量中占有重要的地位。南京城区工业和民用燃料皆以煤炭为主,其次是油和煤气,烟尘和硫氧化物是空气中主要污染物,其污染程度、空间分布状况除受风力等气象条件的影响外,与燃料用量的分布情况基本一致。近几年来,随着机动车辆的不断增加,市区交通干道主要地段已受二氧化氮、一氧化碳的污染。

噪声是城市环境污染的重要因素之一,据 230 个测点稳态噪声资料统计,城区环境噪声平均值 (L_{50}) 53.0 分贝 (A), 峰值 (L_{10}) 63.9 分贝 (A), 本底值 (L_{90}) 46.7 分贝 (A), 不少地区和主要交通干道已受噪声污染,其分布与市区经济人口活动集中程度大体一致。

城区秦淮河和金川河分别接纳城南和城北的工业污水和生活污水流入长江,由于河流短小;河床窄,流量小,水体自净能力差,河流污染较为明显,有害物质检出率普通较高。境内浅层地下水丰富,水井遍布,工业废水和

为评价的主要环境污染因素,并根据导致各环境因素质量下降的主要污染物和我们现有的监测能力,选取了空气中二氧化硫、烟尘、二氧化氮、环境噪声、地面水和地下水中酚、氟、铬、汞、砷为评价的污染因子(见表 1)。

(二) 确定参数的权系数

南京城区环境质量评价提出的数学模式中引进了加权,之所以要加权,主要是因为评价所选择的各环境要素和污染物对区域环境的影响以及对人体和生物的危害程度是不相同的。例如,人们不能不呼吸空气,但是,只要自来水不遭受污染,城市里的居民可以不饮用被污染的地表水。空气污染物的扩散影响范围较大,而河水污染物的扩散主要限于河道。其次,现行卫生标准虽已包含一定的权重的意义,但由于制定标准的依据不一致,如人为性、污染物的协同、拮抗作用等尚未充分考虑,因此,用现行卫生标准作为环境评价标准计算时,发现不少问题。所以,我们认为通过加权调整是必要的,这样可以使评价结果较符合实际情况。

南京城区环境质量综合评价研究中涉及二次加权,第一次对单个环境要素质量评价时的加权,由于各污染物的权重目前难以定论,又考虑到引用的标准有一定的权重意义,所以,暂时采用均权处理。例如空气污染选取三个参数,各参数的相对权重值为 1/3。地面水与地下水的参数五项,各项相对权重值为 1/5。第二次对区域整体环境质量综合评价时的加权,我们采用人民来信统计与主观分析判断相结合的方法,初步确定空气污染要素相对权重为 60%,噪声 20%,地表水与地下水各占 10%。

确定权系数,采用调查统计与主观分析判断相结合的方法早已在物理学、声学、建筑学中得到应用。日本在大阪府地区开展环境质量评价时也采用了类同的做法。

(三) 环境质量指数系统

环境质量指数的简单含义是把一些污染

表 1 南京市城区环境质量评价参数及其标准

污染要素	污染因子	评价标准
空气污染	二氧化硫	0.15 毫克/米 ³
	二氧化氮	0.1 毫克/米 ³
	降 尘	9.0 吨/平方公里·月
噪 声	室外环境噪声	50 分贝 (A)
地面水污染	酚	0.01 毫克/升
	氟	0.1 毫克/升
	铬	0.1 毫克/升
	砷	0.05 毫克/升
	汞	0.005 毫克/升
地下水污染	酚	0.002 毫克/升
	氟	0.01 毫克/升
	铬	0.05 毫克/升
	砷	0.02 毫克/升
	汞	0.001 毫克/升

生活污水通过渗透等多种途径,使许多水井遭到污染。

我们确定空气、噪声、地面水和地下水作

物的实测数据组合成无量纲的单值,用以反映一定地区内环境质量的总状况。设计一种指数数学模式,要考虑的因素很多,包括采用哪些污染参数,如何确定指数尺度和对各种参数进行加权等。

在建立南京城区环境质量指数的数学模式时,我们主要根据评价的目的和监测数据的累积情况,考虑了目前的监测水平,做到既有理论体系,又简易可行,提出了一种包括引进加权因子的环境质量指数数学模式,即:

$$QI = \sum_{i=1}^k W_i P_i, \text{ 且 } \sum_{i=1}^k W_i = 1, \\ (i = 1, 2, 3, \dots, k)$$

式中, QI 为某一环境要素的质量指数,或某一环境单位的总体环境质量指数

P_i 为污染指数或分指数

$P_i = C_i / CS_i$

C_i 为某污染物的实测浓度

CS_i 为某污染物的评价标准

W_i 为某污染物或环境要素的权重值

k 为污染物或环境要素的数量

这种指数的数学模式的基本特征是:^[4]

(1) 把污染物的实测浓度与相应的评价标准的比值(即 C_i / CS_i)作为指数的基本结构,因为它定量地反映污染物的污染程度,与环境质量的好坏有直接的联系。(2)指数数学模式中引进了加权因子(W_i),通过加权调整,使评价的结果较接近区域环境质量的实际状况。(3)参数的个数(k)系计算环境质量指数时作为输入数据的污染物或污染要素的个数。(4)采用这种指数数学模式,计算结果各参数指数值多在 0—1 的系列,便于数据分析和质量等级的划分。(5)对区域环境质量综合评价来说,单个环境要素的质量评价是全环境质量评价的基础;为了便于环境要素质量评价图的综合和数据的计算机处理和制图的自动化,我们采用同一指数系统,即上述指数数学模式既适用于单个环境要素的质量评价,也适用于全环境质量的综合评价。

(四) 环境质量分级

环境分级是进行环境质量评价的依据。制定比较完善的环境质量标准和深入研究人群健康与环境质量指数值之间的关系,可以为环境质量分级提供客观基础。目前,在没有统一指数分级标准之前,我们以污染物浓度超过环境卫生标准的个数多少计算出的综合指数作为分级标准,并以 1 个污染物超标的综合指数作为划分环境清洁与污染的标准;全部或相当于全部计算的污染物超标的综合指数作为划分污染与重污染的标准,即指数值 1 作为重污染下限值。下面列举水和空气质量的分级标准(见表 2)。

表 2 环境要素质量分级标准*

分级名称	指数值范围	分 级 依 据
清 洁	水体 < 0.2 空气 < 0.4	多数项目未检出,个别的检出值也在标准之内
尚清洁	水体 0.2—0.4 空气 0.4—0.6	检出值均在标准之内,个别的接近标准
轻污染	水体 0.4—0.7 空气 0.6—0.8	有一项检出值超过标准
中污染	水体 0.7—1.0 空气 0.8—1.0	有 1/2 检测项目检出值超过标准
重污染	1.0—2.0	全部或相当于全部检测项目的检出值超过标准
严重污染	> 2.0	相当于全部检测项目的检出值超过标准 1 倍或数倍

* 噪声的分级另成一个系统。

三、环境质量评价图的编制

开展环境质量评价研究、建立区域环境质量模型,要重视使用地图这一工具。

南京城区环境质量评价图的编制系采用网格法,即在二万分之一的底图上分成许多方格(方格大小要与检测精度和成图的比例尺相适应)作为评价的基本单位,每个方格的面积为 0.25×0.25 平方公里,即每平方公里有 16 个方格。

(一) 单个环境要素评价图的编制

单个环境要素评价图的编制过程是:首

先计算各测点各污染物的历次实测浓度的算术平均值,然后,参考污染物的运动规律,在底图上分别绘制各污染物的等值线图,并采用内插法求得各方格各污染物的浓度值,最后

将各浓度值代入公式 $QI = \sum_{i=1}^k W_i P_i$, 求得某污染要素的质量指数。

下面以计算评价单位A的空气质量指数为例:

第一步:从空气污染物的等值线图中读得评价单位A内的粉尘、二氧化硫和二氧化氮的平均浓度值分别为:10.8吨/平方公里·月,0.09毫克/米³,0.12毫克/米³。

第二步:计算各污染物的污染指数,即

$$P_i = \frac{C_i}{CS_i}$$

$$P_{\text{粉尘}} = \frac{\text{实测浓度值}}{\text{评价标准}} = \frac{10.8}{9.0} = 1.2$$

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{\text{实测浓度值}}{\text{评价标准}} = \frac{0.09}{0.15} = 0.6$$

$$P_{\text{NO}_2} = \frac{\text{实测浓度值}}{\text{评价标准}} = \frac{0.12}{0.10} = 1.2$$

第三步:评价单位A的空气质量指数

$$QI = \left(\frac{1}{3} \times 1.2 \right) + \left(\frac{1}{3} \times 0.6 \right) + \left(\frac{1}{3} \times 1.2 \right) = 1$$

当所有方格的空气质量指数计算完后,即按空气质量指数的分级标准,作出空气质量评价图(见图1)

编图时,各污染物的污染指数用小号字注在方格的左边,质量指数用较大号字注在方格的右边,这样方便分析找出导致某一评价单位环境质量下降的主要原因。

根据上述方法和步骤,我们编制了南京城区空气、噪声、地表水和地下水的质 量指数图。从指数图组的比较看出,区内污染严重的是河流(最高指数值为15.37),其次是地下水(最高指数值为1.78),较轻程度的是空气,(最高指数值为1.19)但是,污染范围最大的是空气。72%的面积已受到不同程度的污染。此外,导致本市空气质量下降的主要污染物是烟尘;导致地面水和地下水水质下降的主要污染物是酚,其次是铬和氟;噪声源主要来自交通噪声。通过分析,为制定重点污染物的防治规划提供依据。

(二) 环境质量综合评价图的编制

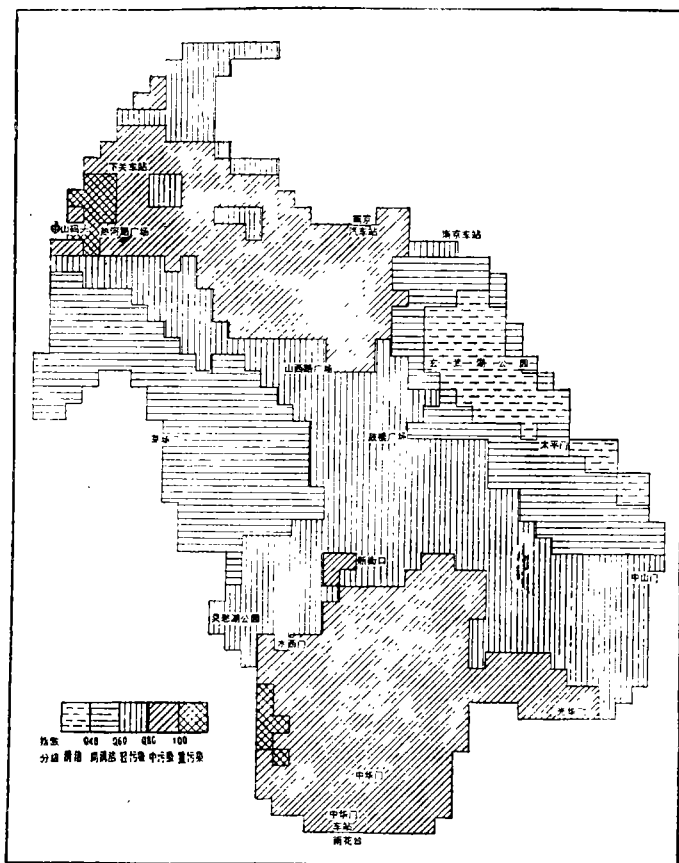


图1 南京市城区空气质量图

下面以计算评价单位 B 的综合评价值为例：第一步：从单个环境要素的质量指数图中读得评价单位 B 内的空气、噪声、地表水和地下水的指数分别为 1.00、0.90、0.46 和 0.14。

第二步：评价单位 B 的综合评价值

$$QI = \sum_{i=1}^4 W_i P_i$$

$$\begin{aligned}\text{即 } QI &= (1.0 \times 60\%) \\ &\quad + (0.9 \times 20\%) \\ &\quad + (0.46 \times 10\%) \\ &\quad + (0.14 \times 10\%) \\ &= 0.84\end{aligned}$$

当所有方格的综合评价值计算完后,即根据整体环境质量等级的划分标准,作出环境质量综合评价图(见图2)。显然,每个方格综合评价值的数字越大,说明环境质量越差。同样,在综合评价图上可以算出各质量等级的分布面积,找出造成环境质量变坏的原因,从而为制定重点地区环境保护综合防治规划提供科学依据。

环境质量评价是一项比较复杂的工作,就现状评价而言,诸如参数选择、权系数、质量分级等仍需深入研究.

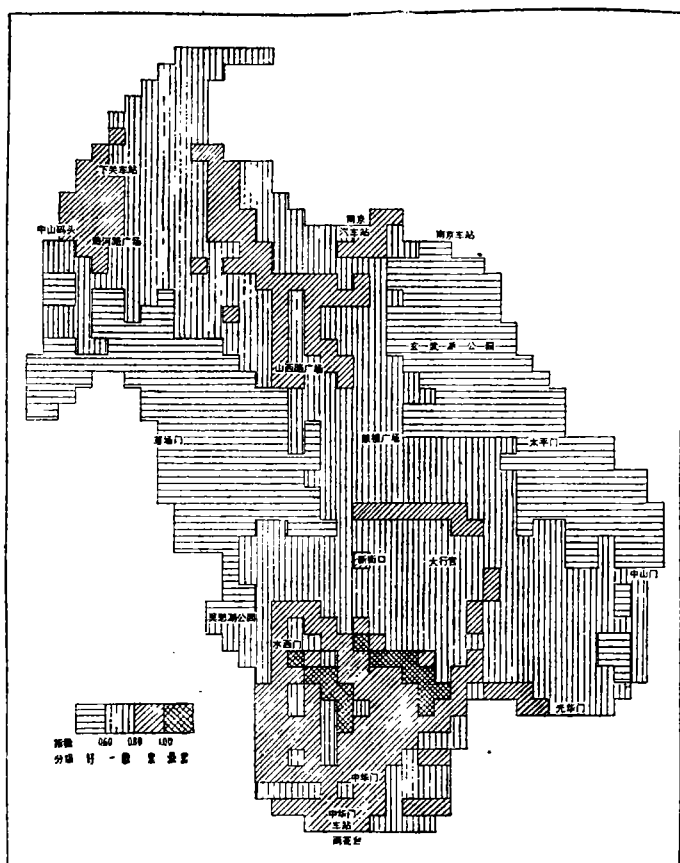


图 2 南京市城区环境质量综合评价图

参考文献

- [1] Council on Environmental Quality: The Third Annual Report of the Council on Environmental Quality. 11—43 (1972).
- [2] Heer, John E., Jr. and Hagerty, D. J., Environmental Assessments and Statements, p. 144—197, 1977.
- [3] Inhaber, H., Environmental Indices, p. 67—83, John Wiley & Sons Inc. 1976.

(上接第5页)区域性或全球性变化对生物圈生物资源的影响问题。

配合全国各地开展的环境质量评价工作,积极进行生态系统的预断评价及现状评价研究;在区域治理和综合防治系统中,加强有关生物净化和生物降解的基础理论和应用研究;建立污染物生物效应的数据库,加强毒物对生物(包括人类)的致毒机理及环境因素引起癌变、畸变、突变的生物学基础研究。