

# 城市的生态—地球化学评价

李世玠 译

在环境状态的全球、区域和地方生态评价中,大工业城市污染程度和性质的研究占有重要的地位。在大工业城市,环境受到技术成[因]的影响特别强烈,致使人的正常生活和健康受到威胁。在关于环境问题的国际和苏联的研究计划中和在有关的出版物中,近来对研究作为特殊生态—地理系统的城市给予了越来越大的注意。

在城市的区域自然地球化学和农业技术地球化学本底上,一方面显示出随搬运流和自然流进入的物质和能(原料,营养物,电能供给)集中的中心,因此城市的物质和能量平衡大部分为正的,这导致在各种环境中形成技术地球化学和地球物理异常;另一方面,城市本身成为参与区域迁移循环的技术物质的强大源地。查明和评价地球化学异常,分析它们对建筑物景观和建筑物—工业景观的功能作用以及对城市周围地域和水域的影响,乃是城市环境状态的生态—地球化学分析的基本目的。从更广泛的观点来看,这样的研究是建立地理学的新的城市生态研究方向的必要的基础——该方向的意义最近由于世界许多国家城市人口的增长而不断增大。

本文作者们曾在下列城市的研究工作中详细拟定了城市工业区和城市化地带生态—地球化学状态评价的方法论和方法:陶里亚蒂,莫斯科,加里宁格勒(莫斯科州),马格尼托哥尔斯克,奥姆斯克,特罗伊茨克,格伦吉克(苏联),乌兰巴托(蒙古人民共和国),莫阿(古巴共和国),伊诺弗罗茨瓦夫(波兰)。同时,我们利用了苏联以及英国、德意志联邦共和国、波兰、西班牙等国研制的城市密集区地球化学研究的方法原理。

对城市生态评价结果的批判性分析表明,特别有效的是基于综合景观地球化学或更广泛的环境地球化学的理论概念的方法论。在这些理论概念中,包括在世界实践中运用的三个基本概念。其中的第一个是分析大气环境及排入大气中的废物——它们是形成城市生态情势的主要因素,观测和监测工作即以此为基础。在该工作中具有很大意义的是大气沉降物(气溶胶,液体降水,雪)组成的研究,污染物质可能具有的浓度和场及它们从技术源地向大气排放的统计模拟,其中包括利用企业的报告,如《2ТТ—空气》形式的报告等。第二个基本概念是作为城市功能作用和影响环境的因素的城市水循环概念,它包括对饮用水和生活用水资源及质量、废水净化及排放的完全程度的评价。在这方面,已完成了大量的毒理学、卫生学和水文地球化学研

生物物理性的批评。文化批评与用有关景观结构的生物物理研究假设进行设计实验,会加速景观生态学理论的发展。

## 结 论

景观生态学家越来越一致地认为,有必要提出景观生态学的文化原理。这里表述了文化与景观结构之间的内在的相互关系,提出了四个一般原理。强调了进行可能景观的实验的良机,表述了在人类尺度上研究景观的有用性,要建立景观生态学的更具体的文化原理,就必须对深深扎根于各学科中的各种方法来一个创新性的发展。

译自《Landscape Ecology》,Nassruser J. I 1995,8,10(4),229—237 肖笃宁校

究。第三个概念是分析包括雪、土壤、植物、水域底积物的寄存(聚集)环境,这些物质的化学组成十分准确地指示出长期的污染和在其影响下发生的城市环境的变化。这一概念在很大程度上系基于对污染物质排放的评价,即对污染物质在城市环境的上述物体中的实际分布的评价。通常,这种分布在构形上不符合或大大不同于仅仅基于废物排放评价的计算模型。这样的态度使得能够详细确定试验网,提供污染带准确的空间分布情况,但它是较为静态的,仅仅说明技成影响的季节和年循环(雪,植物)及多年循环(土壤,底积物)。显然,只有结合医学—生态信息的上述三概念范围的综合性生态—地球化学研究,才能对评价和预报城市状态及其对区域自然环境的影响提供必要的完整的认识。

现在,在评价城市环境的生活状态时,利用着既可对城市环境的单个组分和区段又可对综合生态—地球化学状态进行评价的方法方式。我们的研究整个说来是按现有的方法方式进行,旨在分析和更集中地研究景观污染和“自净”的自然因素和人为因素的空间分异、技成景观的径向和横向结构、这类景观在技术作用影响下变换的过程以及景观的抗污性。这些问题的解决是同研制关于建立自动化计算机制图和区划系统的方法方式有关的。现在,我们来更详细地研讨一下城市环境生态—地球化学分析的各个主要部分。

**周围地域自然地球化学本底评价** 这是计算城市环境技成异常对比度所必需的。它包括获取关于下述方面的详细信息资料:位于工农业污染区以外的标准本底地段的区域岩石地球化学和生物地球化学专化,这些地段的作为景观各区段和各组分之间的不变关系(以景观地球化学系数和模型系统的形式表示)的径向和横向地球化学结构。现在,苏联各主要自然地带本底区地球化学结构的一般规律性,已有专著作过详细的论述。只是应当指出,在选择本底标准时应当考虑工业中心周围的污染半径——往往达到几十公里。另一个重要条件,即考虑农业生产造成的自然环境的区域性污染,要求特别仔细地对待景观本底状态的研究。在城市的生态评价时,对研究地域的本底地球化学结构所给予的注意,通常要少得多。

**城市自然潜力分析** 根据地域的气候、地质—地貌、生物特征和景观地球化学特征本身分析作为城市环境污染和自净的因素的城市自然潜力。整个说来,这样的态度系基于 M. A. 格拉佐夫斯卡娅关于技术生物地理元的概念——对一定形式的技成影响具有相似应答反应的景观地球化学地域系统。就区域和地方级别而论,这样的态度的初步试验之一是在中伏尔加河流域和陶里亚蒂完成的景观污染和自净的自然因素的分析。在该分析中占重要地位的是单个组分对各种技成负荷的稳定度的实验研究,它使我们能够预报这种负荷的状态。

**城市环境技成污染源清查** 这包括分析生产的部门结构和空间结构及污染物质向城市环境的排放——即排放物、废液和废物的数量及组成,确定城市潜在污染带(排放模型),以及最终评价基本生产的自然容量。

**景观地球化学分析** 在评价城市生态系统状态时,意义最大的是景观地球化学分析。它根据污染物质的地球化学测试结果研究污染物质在城市环境的寄存组分中分布的具体情况。这种分析也包括城市生态系统人为地球化学变换或变形程度的研究。最大的重点放在技成大气地球化学流上和按雪盖化学成分评价大气环境状态上。现在,已经完成了专门论述苏联和外国采用的这种快速的污染的地球化学指示法的大量著作。

**雪体地球化学调查** 本文作者们在陶里亚蒂、马格尼托哥尔斯克、莫斯科州北方各区及附近地域进行了这样的调查。结果表明,存在与城市工业和经济对环境的影响有关的两种技成异常。雪盖的局地异常,不仅可以十分准确地指示技成产物的空间分异和揭示技术作用源地,而且能够十分准确地定量评价降落到地表的自然成因和技术成因物质的量。按雪盖指示源地的

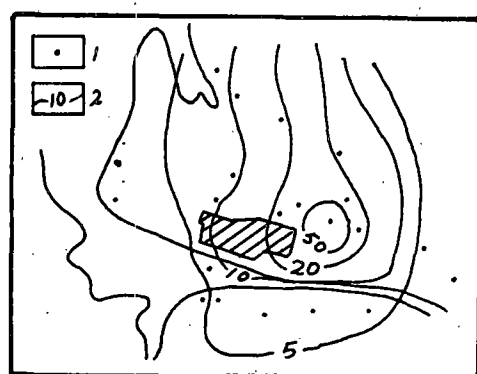
准确性,决定于雪盖的数量、厚度和在城市中的空间分布。在作为累积指示体的雪的组成中,反映出工业区或孤立源地的技成专化情况。为了更准确地指示具体生产,可以利用对一定技术过程中废弃的特殊物质的分析。

譬如,在评价热电站、黑色冶金企业及其它一些企业对环境的影响时,良好的指示体是多环芳烃(PAH),例如像燃烧矿物燃料时形成的3,4-苯并芘、1,2-苯并芘和其它等人所共知的致癌物质。多环芳烃的技成异常形成于热电站和冶金联合企业周围直径达3—8km和更大地域的雪盖中,较之重金属的技成异常往往具有更致密的构形和更高的对比度(图1,略)。

雪盖中的区域异常是由于城市对环境的总的影响的结果形成的,同时城市在实际上被看作点污染源。在个别区域(莫斯科州,陶里亚蒂—古比雪夫城市密集区等)。这样的异常占有成百、成千甚至成万平方公里的面积,而且一些最活动的组分( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , 氨等)的影响半径达到40—50km(图2)。

**生物地球化学指示** 植物同样是城市污染的指示体。植物的指示作用在于利用它们对由毒物造成的大气、水和土壤的技成污染的形态、生产、生理和生物地球化学方面的应答反应。生物地球化学评价包括确定城市植物中重金属和其它污染物相对于区域生物地球化学本底的含量水平,选择用于试验的植物指示种和器官,查明环绕工业和生活污染源的植物污染分布区。

城市环境状态的生物地球化学指示与雪盖研究不同,它提供关于主要为暖季的地域污染的信息。暖季是植物生长和由被污染土壤进入植物的污染物进行十分活跃的水迁移的时间。冬季,植物可能仅仅表现为寄存面。



1—测试点;2—与区域本底相对比的异常系数的等值线。

图2 1986—1987年冬季陶里亚蒂城附近景观中大气供给的 $\text{NH}_4^+$

在区域本底上,城市植被整个看起来呈中度和弱度对比异常。例如,对陶里亚蒂确定了如下的植物生物地球化学专化(根据与本底相对比的浓度系数方面的大量试验的资料): $\text{Cr}_{15}\text{Zn}_{10}\text{Cd}_9\text{Cu}_7\text{Mn}_7\text{Ni}_5\text{Pb}_4$ 。

城市地域的,特别是在受风吹扬的堆灰场、废渣场或其它露天的、实际上未被雪盖固定的废物堆放地方周围的这种比较低的生物地球化学异常的背景上,形成了直接邻接技成污染源的强烈对比的异常带。比较局部的异常的对比度为本底值的几十( $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Zn}$ )甚至几百个单位。

最好的指示体是乔木植物,它们较之草本植物具有更大的寄存面,并较少受底质的影响。像本文作者们在陶里亚蒂和M. 齐尔德在爱沙尼亚一些城市中的观测所表明的那样,空气域污染的最有效的生物指示体之一是乔木的树皮(特别是松树的树皮),它们对污染物质的吸收没有生理界限,并且能够聚积污染物。可以建议把乔木树皮作为城市污染的通用生物指示体。在陶里亚蒂进行的松树树皮方面的生物地球化学调查(网格为 $1 \times 1\text{km}^2$ )表明,某些污染物( $\text{Cr}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Mo}$ )的技成晕(техногенный ореол)比雪和土壤中的这种晕要长得多,在等级上的对比性要显著得多。

对城市居民特别危险的是工业带附近的果园和菜田区栽培的食用作物(水果、蔬菜)。在这些地区,重金属的含量大大超过了最大允许浓度。因此,在进行城市的生物地球化学评价时,测试和分析农作物中污染物的含量是极为重要的。

**土壤地球化学指示** 土被的地球化学制图同样是评价城市环境状态的基本方法之一。在进行这种制图时,确定比在空气、水和植物中更为静态的污染源。利用土被作为指示体,系基于土壤在整个技成污染源作用期间聚积污染物的性质。在我国许多区域和在外国,都已进行过城市土壤污染程度的评价。

城市环境的土壤地球化学分析包括四个基本阶段。在第一阶段,通过对土壤表层连续的网格地球化学取样测试的方法,对各种污染物对城市土壤的污染进行一般的评价。网格的密度取决于研究的尺度,通常为  $1\text{km}^2$  至 10 个点之间,例如,在陶里亚蒂我们采取测试了 1000 个土壤样品( $500\times 500\text{m}$  的网格),确定了该城市 30% 至 80% 的地域存在个别重金属和其它一些污染物的技成异常,而整个说来,对比度不大。第二阶段是分析已查明的异常场,鉴别技成污染源(工业企业废物,固体的生活和工业废物堆放地点,汽车运输和动力工程的影响),在确定异常的成因时作必要的详细说明。第三阶段是研究城市景观中污染物迁移和集中的机制,分析它们在技术作用影响下发生地球化学转换的程度。例如,由于在景观中放入像热电厂和水泥厂的碳酸盐粉尘这样的土壤化学活性物质的结果,可能发生土壤的碳酸盐化作用,使环境的反应提高 2—3 个单位,森林酸性土转变为碱性土,即许多污染物迁移的环境发生巨大变化。第四阶段是根据影响土壤污染和自净的自然因素(酸碱条件,氧化—还原条件,机械成份,腐殖质化程度等)及污染物集中和共生的程度对城市地域进行土壤地球化学分区。

进入寄存环境的各种技成物质是通过化合物和化学元素的含量和比例关系显示出来的。例如,在陶里亚蒂,与化学企业(除了其固有的范围外)有关的有对比度强的水溶形式重金属晕;与金属加工企业有关的有:粉尘,全量和吸附形式的金属,多环芳烃;与汽车运输有关的有:锌,石油产品,多环芳烃;与热电厂有关的有:二氧化硫,多环芳烃,重金属。比较城市本底地域土被中重金属存在的形式表明,移动形式的金属,特别是非牢固吸附形式的金属,具有良好的指示作用,它们比通常通过光谱分析查明的全量形式的金属形成范围更大和对比度更强的技成晕。移动形式的技成晕的对比度和面积在这种情况下将增大 5—10 倍,以至更多。移动形式金属的对比度特别大的异常形成于自成部位和对技成污染源背风的坡地上,以及污染物随地下径流、土内径流和地表径流搬运入的河、湖及水库的沿岸水上景观内。

**水流和水域状态评价** 工业和市政活动导致其地域内水份平衡发生很大的技成变化。除水文地质条件的变化(水淹,干涸,沉陷等)外,城市环境技成变形的基本形式之一是地表水和地下水为工业和公共—生活废水所污染。因此,水文地球化学研究同样是城市环境综合分析的必要部分。

在城市地域内,可在评价水流污染方面区分出说明作为复杂迁移系统的城市水循环的如下基本方向。第一个方向是确定下水道的工业和城市污水的组成,这些污水是以液体形式进入城市环境并具有不同净化完全度的废物的综合指示体。往往,甚至所谓的条件洁净污水也含有超过允许极限许多倍的高浓度污染物,而且本身又成为补充的污染源,特别是当它们排入开阔水域(湖泊,河流,水库)的时候。

第二个方向是研究进入下水道网、集水渠和净水池等处的城市地域污水。这些污水的化学成分反映出城市地域状态的一般情况。在下水道系统状态不佳时,这些污水成为二次污染(主要是地下水污染)源。

第三个方向是分析污水循环的最终环节的状态,这些环节即地表水和地下水本身,它们的质量由于技术作用的结果而越来越大大恶化。

**地球化学信息资料的自动处理** 在进行城市的生态—地球化学评价时,获得大量的地球化

学资料。用传统的方法对这些资料进行处理。是非常繁重费力的。这特别关系到制图信息资料。获取地球化学制图信息资料的传统方法是用手工内插的方法编制大量单要素地图。但是,这样的制图需要花费许多时间和劳力。手工内插的严重缺点是按离散抽样的资料建立的连续场带有主观性质。

现在,研制了连续和离散地理场“起伏”数字模型。借助这种模型,可以解决自动建立地理场(其中包括地球化学场)信息模型的问题;对于这类模型来说,空间座标乃是自变量,而所研究的数量指标(如重金属浓度)则作为因变量。

图1示出了利用平均加权内插法计算浓度场的例子。莫斯科大学地图学教研室曾经利用供自动处理图像用的《Периколор-200》系统(法国)完成了内插计算程序。

借助具有专门软件的自动制图系统分析地球化学信息资料和编制单要素地图的过程,可以归结如下。

首先,把关于基准点的数据输入计算机,其中包括基准点的座标和有关地球化学参数的值。然后,在显示屏上自动编制单要素地图。在审查了所获得的整系列地球化学图之后,便可以查明污染物空间分布的特征、它们的组成、分散晕的对比度。在这以后,便将研究区主要污染物分布图打印出来。

除了城市化地域的单要素地图外,还必须对环境状态作更综合的说明,这是工业城市地域生态—地球化学区划和分区的基础。这里,主要的困难在于把大量各种自然环境的单要素污染图综合为一般的分区合成图时可以遵循的标准的非同义性。

现在,对解决工业城市地域的综合区划或按环境状态对其进行分区的问题,存在各种不同的看法。我们认为,最有发展前景的是自动化综合分区,其算法的基础是多元聚类分析。为了查明自然景观、污染和自净的土壤—地球化学因素与污染物三者之间的因果相关,宜于采用城市景观聚类分析的三种算法。

第一种算法在于按在最大程度上决定景观稳定性和景观中污染物行为的三个土壤—地球化学因素(pH,机械成分,腐殖质含量)对城市景观进行分类。第二种算法系基于仅按土壤中的污染物(在该情况下为重金属)对城市地域进行分析。第三种分析方法包括对上述全部参数进行分析。根据按12个土壤参数(pH,腐殖质含量,天然粘土的含量百分数,Cr,V,Mo,Ni,Co,Mn,Zn,Cu,Pb的含量)的聚类分析进行的陶里亚蒂综合生态—地球化学分区,可以作为最后一种方法的例子。

结果,查明了8个最稳定的类群:1—酸性,砂质,中腐殖质,被钼和铬严重污染( $Z=16$ ,其中 $Z$ 为总污染指数);2—酸性,砂壤质,多腐殖质,被钼和铬极严重污染( $Z=29$ );3—中性,砂壤质,中腐殖质,被钼和铬污染( $Z=9$ );4—中性,壤质,多腐殖质,被钼和铬严重污染( $Z=12$ );5—弱碱性,砂质,少腐殖质,被主要为铅和锌的多种元素极轻度污染( $Z=4$ );6—类似5,但环境有稍强的碱性反应;7—弱碱性,壤质,中腐殖质,被钼和铅占主要部分的多元素组合轻度污染( $Z=5$ );8—与7不同之处仅在于主要污染物为镍和铅( $Z=5$ )。

污染程度和污染物组合的组成对于土壤—地球化学因素的依从关系,如下表(略)所示。表中,分数前面为总污染指数值,分母为该条件下积累的元素,分子为分散的元素,在其每一个的后面指出了它参加污染物组合的百分比。从表中可以看出,吸附条件越好,总污染指数值越高。此外,还清楚地观察到阴离子生成元素(аниогенный элемент)类的积累对于酸碱条件的依从关系(愈酸,Cr,V,Mo的含量愈高)。

这样,便提出了生态—地球化学信息资料自动处理的方法原则。这些原则可能用来对各种

# 河流环境管理:提倡的方式

郑辽吉\* 译

1993年密西西比河大洪水,给美国的中西部大部分地区造成了严重的灾害(见表1),也触发了关于河流工程的很多争论。在过去的几十年里,堤坝抵御洪水保护着冲积平原的居民,但在1993年,堤坝由于拦洪而造成严重的自然灾害引起人们对堤坝的非难。而且在世界各地的冲积平原上,这种情况发生得越来越多。很明显,河流的经营管理是一个被忽视的课题。

许多环境学家现在号召人民学会与洪水搏斗或搬出冲积平原,但问题并不是那么容易解决的。对河流环境的过度利用,不可能选择对冲积平原的完全放弃。

然而,在许多发达国家里,新兴的工业不再需要河边的浅滩地以及在此建设房屋。处在洪水威胁的土地一般经营着粗放型的农业。

现在是到了重新考虑花费巨额资金来保护较低区域是否经济的时候了。在传统上,许多河流都得筑堤坝、裁直河道、扩大、改道、修暗渠并衬上混凝土来控制洪水及河岸侵蚀。在美国的

表 1993年密西西比洪水损失统计

地 点	与洪水有关的死亡人数	财产损失(百万美元)	农业损失(百万美元)
明尼苏达	4	51.3	865
北达荷他	2	100	420
南达荷他	3	25.7	725
依阿华	5	1250	450
内布拉斯加	2	50	292
堪萨斯	1	160	434.4
威斯康星	2	101	800
伊利诺斯	4	930	565
密苏里	25	2000	2000

密西西比河、密苏里河、萨克拉门托河上都筑有堤坝。尼罗河上有1000km长的堤坝,越南的红河有1400km长的堤坝,而中国的黄河则有700公里长的堤坝。世界上的许多河流都已被伸直了,包括长江的中部,密西西比河的下游,以及丹麦97.8%的河流。但是,这些措施并不能完全保证洪水到来时的安全,而且尽管在发达国家里,用于建造防洪设施的经费增加了,而设施的损害也正在持续地猛增。

然而,河流整治能引起重大的和难以想象的河道形式调整,也就需要相当昂贵的补救行动和进行长期的维护。例如,河岸侵蚀已经明显地从英国一系列裁弯取直的河流上看起来。如阿尔河(Alr),科尔迪尤河(Caldew),埃克斯河(Exe),伦河(Lune),林赫河(Lynher),里布尔河(Ribble),尤尔(Ure),阿斯克河(Usk)和万斯贝克河(Wansbeck)。还有威尔士的河流如阿斯特威斯河(Ystwyth)也试图裁弯取直。河岸植被、鱼类和大型无脊椎动物(也包括小飞虫,石蚕蛾,石蚕蛾幼虫,贝壳和蜗牛)都可能由于河道的疏浚影响而消失,而且物种的多样性及数量也由于生境多样性的减少而减少。疏浚使得爱尔兰莫伊河(Moy)里大型无脊椎动物的密度减少了90%,而英格兰的索尔河(Soar),鱼的密度在疏浚工作结束一个月后仍然低于未干扰前的

地域的生态状况进行评价,也可能是地生态信息系统的必要部分和生态地理制图及区划的组成部分。

译自《Вестник Московского университета》,Серия5,География,1990,3