

城市空气质量连续监测数据处理方法研究*

宋国君 钱文涛

(中国人民大学环境政策与环境规划研究所, 北京 100872)

摘要 规范的城市空气质量连续监测数据处理方法是客观表述空气质量状况的前提,是将科学数据转化为决策信息的桥梁。城市空气质量的表述应包含污染物、时间、空间和信息服务对象4项基本要素,因此,连续监测数据的处理应采用多时空尺度分析方法,结合污染物特性及污染源排放信息分析空气污染状态、趋势和原因,为各干系人提供可靠的的城市空气质量信息。按照国家标准,时间的表述应细化到小时尺度,空间的表述则按照监测点及其代表区域,并将受体暴露程度纳入评价指标,以不同时空尺度下污染物浓度达标率和空气质量人口天数为主要指标评价城市空气质量。针对各干系人的具体要求提供不同类型的城市空气质量报告,并及时收集公众的信息反馈,补充和完善城市空气质量评估。

关键词 城市空气质量 数据处理方法 评估指标 多时空尺度分析

规范的城市空气质量连续监测数据处理方法是客观表述空气质量状况的前提,是将科学数据转化为决策信息的桥梁,是环境保护部门进行监测数据处理的基础。城市空气质量的表述涉及污染物、时间、空间以及信息服务对象4项基本要素。污染物状况应依据国家环境空气质量标准规定的指标和浓度限值进行评估;时间主要指时间的尺度,包括年、季、月、周、日、小时(或连续几个小时)等;空间是指监测数据代表的空间范围,一般指监测点及其代表的区域范围;信息服务对象是指对空气质量信息有需求的各类用户,主要包括政府、研究机构、公众等,服务对象的关注或理解程度影响数据处理的精确或概括水平。通过规范空气质量连续监测数据处理方法,不仅能提高数据使用效率,还能保证城市空气质量评估结果的科学性和可比性^[1]。统计规律分析是常用的环境监测数据分析方法之一,通过分析监测数据的统计规律,能评价数据质量、分析污染物的规律性^{[2],[3]100}。我国目前并没有专门的监测数据处理规范,仅《环境空气质量监测规范(试行)》(以下简称《规范》)中涉及数据处理的方法,对数据处理的认识简单,数据处理方法缺少系统性设计,难以指导监测数据的分析和利用。

目前,国内针对监测数据处理方法的研究较少,主要是根据特定的研究需要对监测数据进行处理,数据分析集中在污染源的识别^[4]、污染原因的分析^[5],以及污染规律^[6]及趋势^[7-8]的分析等,没有从管理的角度出发对数据处理方法进行系统地研究设

计。本文以数据信息化为目标,论证了基于国家标准的连续监测数据多时空尺度分析处理方法,以指导城市空气质量连续监测数据的分析和利用。

1 城市空气质量连续监测数据处理存在的问题分析

1.1 美国空气质量标准和达标判据

世界卫生组织(WHO)发布的《空气质量基准》(简称AQG)以人体健康为前提,基于毒理学研究成果科学地限定了主要空气污染物浓度基准值,并强调人体暴露(指个人在某段时间与某一浓度的污染物的接触)程度指标^{[9]62,[10-11]}对表征空气质量的重要意义。同时,该基准还指出各国应根据长期的污染物浓度分布规律及污染特征,制定具体、详细的空气质量达标判据,这不仅能保证监测数据的代表性,还能减少因不可控因素如极端天气造成的空气质量超标^{[9]5-6}。

美国《国家环境空气质量标准》(NAAQS)除规定一氧化碳、铅、二氧化氮、颗粒物(PM₁₀、PM_{2.5})、臭氧和二氧化硫共6项污染物监测指标及相应时间段内的浓度限值^[12]外,还对各个污染物的达标统计要求做了详细规定,对于各个污染物,区域内所有监测点不同时间段该项污染物的浓度均值都必须符合浓度限值规定,否则即划入此类污染物超标区。此外,美国环境保护署在《美国联邦行政法典》(40 CFR part 50)中对监测数据的有效性、缺失数据的弥补、异常数据的处理等监测数据处理规范作了详细解释^[13]。2011年10月美国环境保护署更新了空

第一作者:宋国君,男,1962年生,博士,教授,博士生导师,研究方向为环境政策分析、设计与评估、环境规划、环境管理、节能政策分析和能源管理。

*教育部新世纪优秀人才培养支持计划(No. NCET-08-0554)成果。

气质量标准,取消了 SO_2 一级标准中的年均值和 24 小时均值标准,仅保留一级标准的 1 小时浓度限值 and 二级标准的 3 小时浓度限值,这表明美国空气质量

1.2 我国城市空气质量连续监测数据处理存在的问题

《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)规定了二氧化硫、可吸入颗粒物、二氧化氮等 9 项污染物监测指标、不同取值时间(年、日、小时)各项污染物浓度限值、污染物监测方法及数据统计有效性等相关内容,但并未设置任何达标判定要求^[14-15]。若根据现有标准中对浓度限值的定义,可以认为对于某个污染物监测指标而言,无论是哪个监测点,该污染物任一取值时间下的监测浓度值都不允许超过相应的浓度限值。

目前,我国大多数城市空气质量监测已采用自动监测系统,监测项目包括污染物浓度和风速、气温等基础气象信息,每座城市每天产生的小时监测数据就有上千个,年直接获取的监测数据量更高达 $10^4 \sim 10^5$ 个^{[3]99}。面对如此丰富的数据信息,我国城市环境监测部门对数据的处理却非常简单,评价指标单一,缺乏时空代表性,无法反映真实的空气质量。

首先,现行指标以空气污染指数(API)为主,与发达国家相比,我国的 API 涵盖的污染指标不全面,仅包括 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 3 项指标,其表征的空气质量结果与公众感受一致性差,计算时段也不合理,警示作用弱^[16],存在局限性。

其次,指标体系不完整,缺乏设计。现行指标体系没有考虑受体暴露程度的指标,无法真实反映空气质量与人群健康的关系。这是因为在相同浓度下,人体暴露程度的差异对健康影响极大^[17]。

第三,空间评价尺度代表性差。《规范》中规定“用全部空气质量评价点的污染物浓度计算出的算术平均值代表所在城市建成区污染物浓度的区域总体评价价值。”这种算术平均的处理方式既没有考虑城市不同空间污染程度的差异,也没有考虑不同功能区对空气质量要求的差异,削弱了监测点数据的代表性,而且,与国家标准中关于污染物浓度限值的界定不符。

第四,时间评价尺度偏大。在城市环境质量报告中,主要以年日均值表示环境质量,评价尺度偏大。对于空气质量状况,不同的时间尺度代表性不同。污染比较严重时,适合采用较大的时间尺度;污染较轻时,采用较小的时间尺度则更能识别空气污

染问题。同时,由于各污染物的污染特征不同,采用的时间分析尺度也不同,如城市 NO_2 污染与移动源的关系较为紧密,通过小时浓度的分布分析上下班高峰期交通干道附近的空气环境质量更具管理意义^{[18] 88-89, [19-20]}。所以,监测数据处理应考虑不同的时间尺度,简单的算术平均严重掩盖了部分时段污染物的超标现象。

另外,现有的数据处理方法对数据使用率较低,没有全面、完整地向干系人公布城市不同地区、不同时段

2 空气质量连续监测数据处理方法基本思路

空气质量连续监测数据处理是从 3 个维度即“质量状态”、“变化趋势”和“因果关系”出发对监测数据进行处理和分析,综合反映空气污染防治政策及空气质量管理的效果^[21]。其中,“质量状态”是对空气质量现状的描述,依据国家标准判断污染物浓度均值是否达标,同时考虑受体影响程度,将暴露人口作为重要评价指标之一,体现“保护人体健康”的政策目标;“变化趋势”是对空气污染规律的分析,不仅可以从时间和空间的角度分析污染物的时空分布特征及浓度变化趋势,还可以建立浓度分布规律检验方法,以解决异常值、缺失数据等问题;“因果关系”是对空气污染原因的识别,综合“质量状态”和“变化趋势”的分析结果,运用浓度均值、达标率、浓度标准差等指标进行源分析,识别污染源及污染原因,如某一时间尺度下有效浓度的标准差偏大,可以部分说明该地区源排放不规律的情况。连续监测数据处理方法的基本思路如图 1 所示。

2.1 数据处理原则

根据连续监测数据处理的 3 个维度及其具体目标,数据处理时应遵守两个基本原则:第一是多时空尺度分析原则,将时间和空间分为不同尺度,建立数据分析时空矩阵,针对各项空气质量评估指标对各个污染物进行分析,保证数据得到充分利用;第二是最小尺度分析原则,即小时尺度分析和单一监测点分析,以识别污染物主要污染时段和污染区域,分析污染物浓度时间变化趋势和各监测点之间污染程度差异,如从 NO_2 的浓度分析中发现其主要污染时段与早晚交通高峰基本重合,所以可以限制早晚高峰时段机动车的出行数量,控制机动车尾气排放。基于上述原则,对数据进行不同层次、不同级别的分析,以实现监测数据处理目标,识别空气质量的问

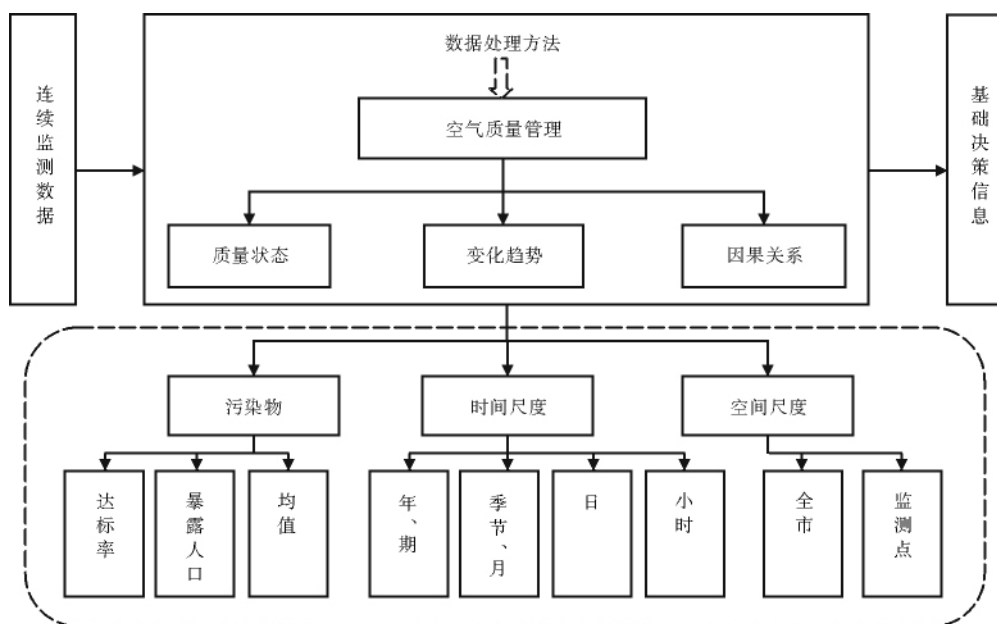


图 1 城市空气质量连续监测数据处理方法基本思路

题及原因。此外,还应考虑信息服务对象,使数据处理结果满足不同服务对象的需求,如对于公众而言,数据结果应具有可读性和实用性,公众也许并不在乎可吸入颗粒物的实测浓度值,而更关注今天是否适合进行户外锻炼;对于政府管理部门,数据结果应具有系统性、全面性和直接性,以便制定切实可行的管理政策;而对于科研机构,数据处理过程应该公开,数据结果应具有完整性,这样才能保证研究人员更好地获取有用信息进行科学研究。

2.2 空气质量评估指标及计算方法

城市空气质量的评估指标应包括浓度均值、浓度极值、浓度标准差、达标率和受体暴露程度等。但在数据处理之前,考虑到环境监测过程中可能存在的人为或仪器故障等主客观原因所造成数据缺失或异常现象,应先核查监测数据质量。通常情况下,监测数据只要满足国家标准中数据有效性的规定即可,无效数据不列入统计范围。

2.2.1 浓度算术均值、极值和标准差

根据国家标准,浓度均值表示任一时间尺度下某污染物监测浓度的算术平均值,如果在该时间尺度下,样本数据呈正态或对数正态分布,该值可以在一定程度上反映该污染物的污染程度;浓度极值表示某一时间尺度下某污染物监测浓度的最大值和最小值,该指标通常会影响到浓度均值的大小;浓度标准差则反映某一时间尺度下某污染物监测浓度的离散程度,根据极值和标准差或离散系数的大小可以判断监测数据的合理性。通过浓度的统计学描述不仅

可以检验某一时段内的浓度数据质量,还可以初步了解城市空气质量状况。若以年为单位分析城市或某一监测点空气污染物浓度的统计指标,还能判断该区域空气质量的变化趋势,并通过比较不同城市或同一城市不同监测点的统计指标差异,检验并评估管理措施的实际效果,为空气保护规划提供基础。

2.2.2 空气质量达标率

以美国为例,判断空气质量状态是否达标主要采用浓度超标个数这一指标,但由于我国目前城市空气污染相对较为严重^[22],超标个数指标过于严格,所以现阶段适合采用达标率指标表征空气质量。按照国家标准,达标率可分为日均值达标率和小时均值达标率。通过计算不同时间尺度的达标率,可以判断不同区域和不同时间范围的空气质量状况,识别主要污染区域和污染时间。以某监测点污染物*i*的年均值达标率为例,计算公式如式(1)所示:

$$\text{污染物 } i \text{ 的年均值达标率} = \frac{\text{全年该监测点污染物 } i \text{ 的日均值达标个数}}{\text{全年该监测点污染物 } i \text{ 有效日均值总数}} \times 100\% \quad (1)$$

在计算涵盖多个监测点的全市达标率时,由于各个监测点的代表性不同,所以达标个数的统计应包含所有监测点的达标个数,若基于各监测点浓度算术平均值来统计达标个数,将削弱监测数据的代表性。

2.2.3 空气质量级别天数

空气质量级别天数通常是指某个区域达到某一

表 1 2006—2010 年 PM₁₀ 浓度日均值统计指标计算结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010
有效日均值个数/个	1 439	1 454	1 807	1 603	1 658
日均值缺失数据个数/个	21	6	18	222	167
日均值有效获取率/%	98.56	99.59	99.01	87.84	90.85
算术平均值/(mg·m ⁻³)	0.156	0.110	0.101	0.074	0.075
标准差/(mg·m ⁻³)	0.130	0.084	0.074	0.051	0.059
中值/(mg·m ⁻³)	0.124	0.087	0.082	0.063	0.063
最小值/(mg·m ⁻³)	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
最大值/(mg·m ⁻³)	1.680	0.655	0.916	0.588	0.906

空气质量级别的天数之和。根据我国空气质量标准对污染物浓度限值的规定以及对空气质量级别的划分,城市单日空气质量达第 n 级标准表示当日该市所有监测点不同污染物浓度日均值均达到该级浓度限值,任一监测点任一污染物浓度日均值超过该级限值,则该日视为超标,不应统计到全年或某一时段该级空气质量天数中。因为监测点位的选择对于表征空气质量和空气污染程度起着决定性作用^[23],不同监测点所获取的数据具有其独特的代表性和不可替代性。所以在描述大空间尺度如全市范围的空气质量状况时,城市区域内所有监测点位都应得到体现。

单一监测点是否达标,应以该监测点所有污染物日均值均达到某一级浓度限值为标准,任一污染物超标,该日该监测点即视为超标,该日不得计入空气质量达标天数的统计中,同时,无效天数也不在统计范围内。

2.2.4 空气质量人口天数

空气质量人口天数是在空气质量级别天数的基础上,考虑受体影响,将各监测点代表人口数计入权重,第 n 级空气质量人口天数 D'_n 的计算^{[18]89} 如式(2)所示:

$$D'_n = \frac{\sum_{j=1}^j D'_{nj} \times P_j}{P}$$

(2)

式中: D'_n 为 T 时段第 n 级城市空气质量人口天数, d ; $D_{n,j}$ 为 T 时段监测点 j 第 n 级空气质量天数, d ; P_j 为 T 时段监测点 j 代表人口数量,人; P 为 T 时段城市总人口,人。

3 案例分析

通过案例城市空气质量连续监测数据分析,比较我国现行《规范》中的处理方法(简称方法一)和本文提出的连续监测数据处理方法(简称方法二)对空气质量评估结果的差异,具体分析现行处理方法中存在的问题。

取 2006—2010 年 D 市 5 个空气质量监测点的

连续监测数据小时均值为样本进行数据处理,监测项目为 SO₂、PM₁₀ 和 NO₂。

3.1 统计分析

首先以 PM₁₀ 为例,计算 2006—2010 年 D 市 5 个监测点 PM₁₀ 浓度日均值统计指标计算结果,如表 1 所示。

从表 1 可以看出,5 年间 PM₁₀ 浓度日均值的算术平均值和标准差总体均呈下降趋势,说明 PM₁₀ 污染状况有所好转,浓度日均值分散度逐年降低,推测烟粉尘污染源排放管理水平有所提高,异常排放情况在减少。对于 SO₂ 和 NO₂ 而言,气象条件(如气温、气压、风向和风速等)的影响程度大致相同,因此,污染源排放是影响浓度变化的主要因素。目前,D 市 SO₂ 主要排放源基本采用了脱硫技术,SO₂ 排放得到较为有效的控制,浓度日均值标准差自 2008 年起大幅降低,如图 2 所示;但氮氧化物工业排放源并未采取相关技术如脱硝加以控制,同时,对机动车尾气排放也未进行清洁化管理,使得 NO₂ 浓度日均值标准差下降幅度较小,且 2008 年后基本保持不变(如图 2 所示)。由此看来,通过对比不同污染物统计指标变化情况,不仅可以分析空气质量的变化趋势,还能基于管理措施分析因果关系,验证管理效果。

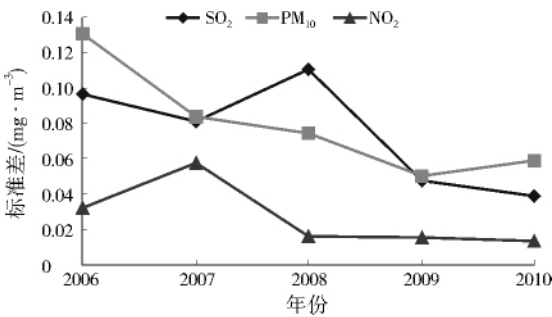


图 2 2006—2010 年 3 种污染物浓度日均值标准差变化情况

现以 2010 年为例,分析所有监测点不同污染物的统计分布状况,同时以 PM₁₀ 为例分析不同监测点该污染物的统计指标差异。2010 年 D 市 5 个监测点 3 种污染物浓度日均值频数分布如图 3 所示,各

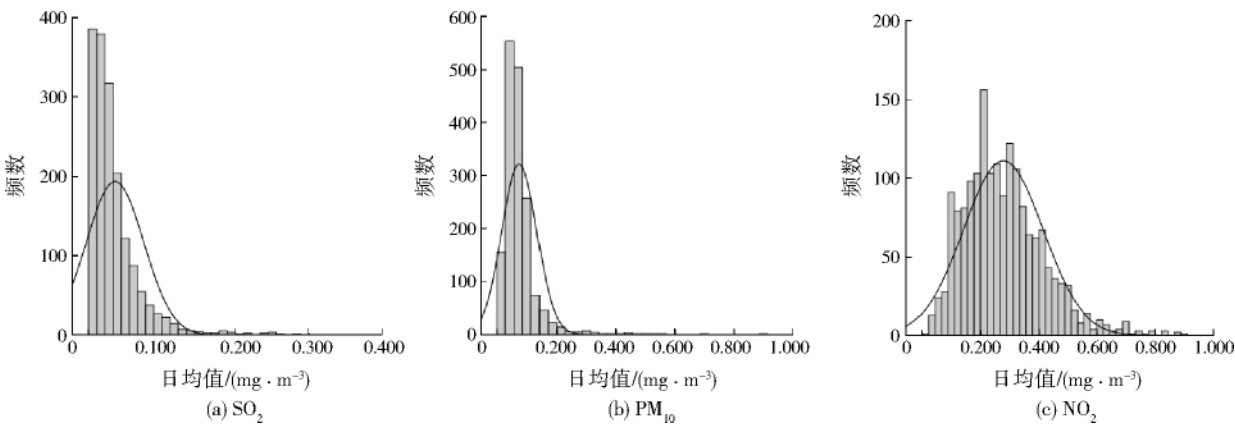


图 3 2010 年 D 市 3 种污染物浓度日均值频数分布情况

项统计参数如表 2 所示。通过统计验证,3 种污染物浓度对数符合正态分布规律,数据质量较好。而且,从图 3 可以看出,不同污染物浓度分布区间差异较大,其中 75%的 SO_2 日均值为 $0\sim0.044\text{ mg/m}^3$, 75%的 PM_{10} 日均值为 $0\sim0.088\text{ mg/m}^3$, 75%的 NO_2 日均值为 $0\sim0.035\text{ mg/m}^3$ 。

表 2 2010 年 D 市所有监测点各项污染物浓度日均值统计情况

污染物	SO_2	PM_{10}	NO_2
有效日均值个数/个	1 708	1 658	1 711
日均值缺失数据个数/个	117	167	114
日均值有效获取率/%	93.59	90.85	93.75
算术平均值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.036	0.075	0.028
标准差/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.039	0.059	0.014
中值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.025	0.063	0.026
最小值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.003	0.001	0.002
最大值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.367	0.906	0.089

从 3 种污染物的极值和标准差可以看出, PM_{10} 浓度日均值偏离程度相对较大, SO_2 次之, NO_2 最小,推测 PM_{10} 和 SO_2 的污染源排放波动较大。

表 3 为 2010 年 D 市所有监测点 PM_{10} 浓度日均值统计情况。结果发现,最大值和标准差相对较小的监测点,其 PM_{10} 污染状况相对较好,如 2[#] 和 3[#] 监测点;反之,最大值和标准差较大的监测点,污染状况则较为严重,如 4[#] 监测点。说明污染源分布较少或污染源管理较为稳定的区域内,污染物浓度分

散度小,分布较为集中,区域空气质量相对较好。

3.2 小时浓度分析

通过计算小时浓度算术均值,可以分析污染物浓度变化趋势,识别污染物重点污染时段,并为污染源管理提供可靠依据。D 市 3 种污染物全年、采暖期和非采暖期小时浓度平均值分布情况如图 4 至图 6 所示。

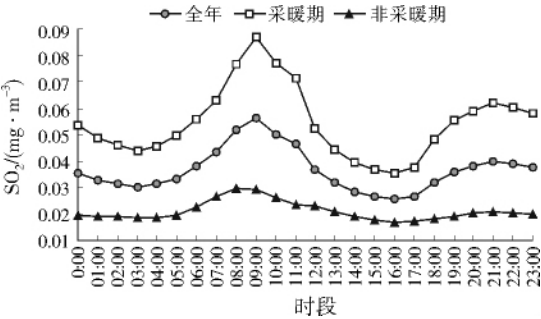


图 4 SO_2 小时浓度分布

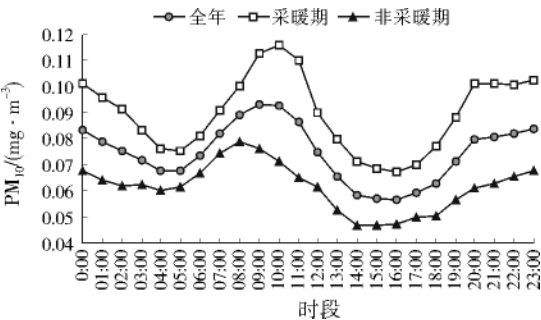


图 5 PM_{10} 小时浓度分布

表 3 2010 年 D 市各监测点 PM_{10} 浓度日均值统计情况

监测点编号	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
有效日均值个数/个	328	312	341	332	345
日均值缺失数据个数/个	37	53	24	33	20
日均值有效获取率/%	89.86	85.48	93.42	90.96	94.52
算术平均值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.084	0.059	0.057	0.083	0.091
标准差/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.059	0.037	0.044	0.070	0.068
中值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.073	0.051	0.049	0.070	0.076
最小值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.016	0.011	0.005	0.011	0.001
最大值/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	0.703	0.322	0.523	0.906	0.544

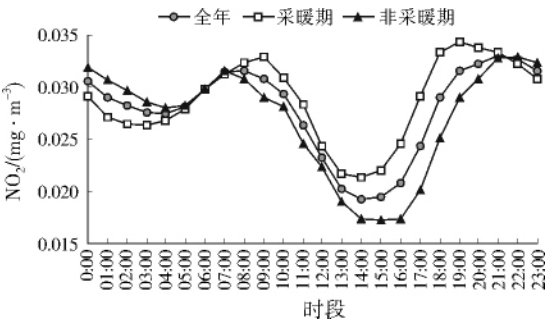


图6 NO₂ 小时浓度分布

从图4至图6可以看出,3种污染物小时浓度算术均值随时间呈现一定的波动规律。PM₁₀和NO₂小时浓度呈双峰特征,SO₂小时浓度呈单峰特征,而且,NO₂白天的浓度较夜间低,这可能是由于光照条件下NO₂发生光化学反应所致^[24]。另外,PM₁₀和SO₂采暖期浓度均高于非采暖期浓度,且采暖期浓度波动幅度较大;而NO₂则没有明显区别,各时间尺度下的浓度变化趋势基本相同。由此分析,采暖活动对PM₁₀和SO₂浓度影响较大,同时,浓度波动及高峰值的出现不仅说明空气质量受点源排放影响,城市面源如居民燃煤锅炉、沿街灶点、建筑扬尘等也有一定影响;而NO₂浓度高峰时间与居民上下班高峰时间重合,证明机动车出行对NO₂浓度变化影响较大。

3.3 达标率分析

首先,比较年均值和达标率两个指标对描述城市空气污染状况的客观程度。从年均值来看,该市2010年3种污染物年均值(见表2算术平均值)均达到国家二级标准,空气质量良好。但从达标率(见表4)来看,除SO₂和NO₂在非采暖期达标外,其他时间尺度下3种污染物均有超标。其中,NO₂污染程度较轻;PM₁₀超标最为严重;SO₂污染则主要集中

在采暖期。因此,大时间尺度下,相比浓度均值指标,达标率指标更能客观、全面地反映城市空气质量的真实情况。

表4 2010年D市3种污染物日均值达标率和小时均值达标率

污染物	时间尺度	日均值达标率/%	小时均值达标率/%
SO ₂	全年	97.80	99.91
	采暖期	95.23	99.81
	非采暖期	100.00	100.00
PM ₁₀	全年	94.15	
	采暖期	89.47	
	非采暖期	98.39	
NO ₂	全年	100.00	99.99
	采暖期	100.00	99.98
	非采暖期	100.00	100.00

其次,分别运用方法一和方法二计算D市PM₁₀在年、采暖期/非采暖期尺度下的日均值达标率,如图7所示。从图7可以看出,方法一与方法二计算结果差异较大,各监测点浓度日均值的算术平均明显低估了真实的空气污染程度,不利于客观分析空气质量。

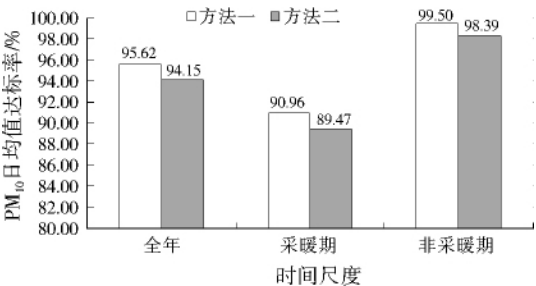


图7 2010年D市PM₁₀日均值达标率比较

现以月为时间尺度进一步分析D市空气污染情况。2010年D市各月日均值和小时均值达标率如表5所示。

表5 2010年D市月日均值达标率和小时均值达标率

月份	PM ₁₀		SO ₂		NO ₂	
	日均值达标率/%	小时均值达标率/%	日均值达标率/%	小时均值达标率/%	日均值达标率/%	小时均值达标率/%
1	76.06	78.08	99.20	100.00	99.97	
2	99.26	100.00	100.00	100.00	100.00	
3	87.42	100.00	100.00	100.00	100.00	
4	96.50	100.00	100.00	100.00	100.00	
5	94.57	100.00	100.00	100.00	100.00	
6	98.53	100.00	100.00	100.00	100.00	
7	98.54	100.00	100.00	100.00	100.00	
8	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
9	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
10	97.96	100.00	100.00	100.00	100.00	
11	94.56	100.00	99.92	100.00	99.99	
12	88.73	95.71	99.85	100.00	100.00	

从表 5 可以看出,3 种污染物达标率差异较大,但春季和冬季的达标率普遍低于夏季和秋季。这与年、期尺度下的分析结果吻合。另外,3 种污染物中 PM_{10} 月日均值达标率最低,超标月份最多。对于 SO_2 而言,月小时均值达标率高于月日均值达标率,而对于 NO_2 而言,每月小时均值达标率则低于日均值达标率,说明 NO_2 部分时段的超标相对较为严重。

3.4 空气质量达标天数分析

按方法一计算 D 市 2010 年全市空气质量二级以上天数,结果达 346 d;而按方法二计算为 316 d,两者差 30 d(如图 8 所示)。而单一监测点二级以上天数的计算结果相同,这是由于单一监测点的二级天数以该监测点不同污染物日均值为计算依据,不涉及其他监测点污染物的浓度算术均值。表 6 所示为各监测点无效天数,无效天数不在各监测点空气质量二级以上天数的统计之内。

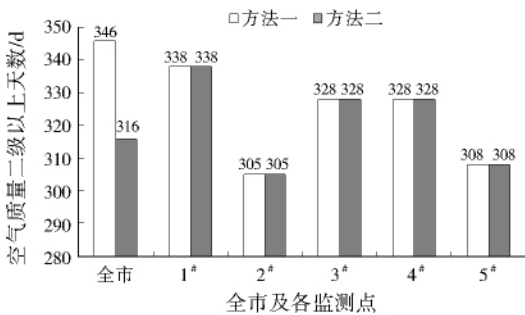


图 8 2010 年 D 市全市及各监测点空气质量二级以上天数

表 6 各监测点无效天数统计

监测点编号	1#	2#	3#	4#	5#
无效天数/d	8	47	23	6	17

现基于国家标准,分别采用方法一和方法二分析不同空气质量等级下 D 市 2005—2010 年达标天数的变化,计算结果如图 9 所示。

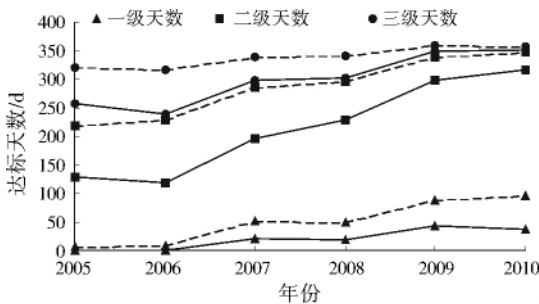


图 9 2005—2010 年 D 市各级空气质量达标天数变化趋势
注:图中虚线表示方法一;实线表示方法二。

从图 9 可以看出,方法一的结果明显高于方法二,以 2010 年为例,对应于一级、二级和三级空气质量天数,方法一和方法二的计算结果分别相差 59、

30、6 d,因此,各监测点的算术平均对空气质量计算结果影响较大,高估城市空气质量状况。

仍以 D 市为例,计算 2010 年 D 市二级空气质量环境人口天数。该市共设有 5 个空气质量监测点,现假定 5 个监测点代表区域覆盖的人口数量相同,即每个监测点人口权重均为 20%,根据式(2)计算得 2010 年该市二级空气质量环境人口天数为 321 d,与方法一计算的二级天数相差 25 d。由此可见,应将人口暴露程度纳入评估指标体系以更全面、客观地反映城市空气质量。

4 结论和建议

城市空气质量连续监测数据处理方法的目的是规范监测数据的使用,将数据处理尺度细化到小时和单一监测点水平,具有重要的管理意义。该方法从“质量状态—变化趋势—因果关系”3 个维度出发,以挖掘监测数据信息为目的,建立包括浓度均值、极值、标准差、达标率、空气质量等级天数或人口天数等在内的多层次多尺度指标体系,利用均值、标准差等统计指标判断监测数据的质量;同时,通过不同时空尺度下的空气质量达标率、空气质量等级天数或人口天数等指标分析城市空气质量状态和变化趋势,识别各监测点代表区域及城市总体的空气污染原因,并结合统计指标的变化分析并检验污染源排放管理措施的实际效果,为空气质量管理提供决策依据。该方法充分体现了大气污染物的时空分布特征,能客观、全面、准确地表征城市空气质量,弥补了现行监测数据处理方法存在的指标体系不完整、时空代表性差、数据使用率低、无法客观表征空气环境质量等问题。

从环境管理的角度,建议国家应尽快制定城市空气质量连续监测数据处理规范。规范应包括数据质量评估方法、空气质量达标判定方法、数据处理指标及数据处理及利用方法。首先,基于浓度历史数据的统计学分布,根据统计学指标设定数据质量评估方法;其次,根据各污染物浓度监测数据的时空分布规律,明确空气质量达标判定方法;第三,完善评价指标体系,将达标率、受体暴露程度等纳入空气质量评价指标中,真实地反映城市空气质量状况;最后,基于多尺度分析和最小尺度分析原则建立监测数据处理方法,全面、系统地利用监测数据,充分挖掘数据信息。最后,针对不同干系人的信息需求,提高城市空气质量信息公开质量,丰富干系人信息获取数量,满足不同干系人信息需求,提高信息透明

度。另外,应提高公众参与程度,如定期进行空气质量满意度调查,了解居民对城市空气质量的真实感受,补充并完善环境空气质量评价。

参考文献:

- [1] MOL G, VRIEND S P, VAN GAANS P E M. Environmental monitoring in the Netherlands: past developments and future challenges[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2001, 68(3): 313-335.
- [2] YUE Rong. Practical environmental statistics and data analysis [M]. St. Albans: ILM Publications, 2011: 6-15.
- [3] 叶萍. 浅论环境监测数据的综合分析方法[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2009, 19(1).
- [4] 王英, 金军, 李令军, 等. 北京市基于 PM₁₀/CO 关系的可吸入颗粒物自然源解析[J]. 环境科学学报, 2006, 26(7): 1203-1208.
- [5] 王海鹏, 张斌, 刘祖涵, 等. 基于小波变换的兰州市近十年空气污染指数变化[J]. 环境科学学报, 2011, 31(5): 1070-1076.
- [6] 赵越, 潘钧, 张红远, 等. 北京地区大气中可吸入颗粒物的污染现状分析[J]. 环境科学研究, 2004, 17(1): 67-69.
- [7] 陈柳, 马广大. 大气中 SO₂ 浓度的小波分析及神经网络预测[J]. 环境科学学报, 2006, 26(9): 1553-1558.
- [8] 张新民, 柴发合, 王淑兰, 等. 沈阳市空气污染特征[J]. 中国环境科学, 2006, 26(6): 650-652.
- [9] WHO Regional Office for Europe. Air Quality Guidelines Global Update 2005[M]. Denmark, Copenhagen: World Health Organization, 2005.
- [10] OTT W R. Concepts of human exposure to air pollution[J]. Environment International, 1982, 7(3): 179-196.
- [11] 黄虹, 李顺诚, 曹军骥, 等. 空气污染暴露评价研究进展[J]. 环境污染与防治, 2005, 27(2): 118-122.
- [12] ADAMS R M, JR HORST R L. Future directions in air quality research: economic issues[J]. Environment International, 2003, 29(2/3): 289-302.
- [13] USEPA. Title 40 of Electronic Code of Federal Regulation - Protection of Environment[EB/OL]. [2012-05-24]. http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=f19fb96868d2881d3ea566bce52a6322&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40ecfr50_main_02.tpl.
- [14] GB 3095—1996, 环境空气质量标准[S].
- [15] 王宗爽, 武婷, 车飞, 等. 中外环境空气质量标准比较[J]. 环境科学研究, 2010, 23(3): 253-260.
- [16] 薛志钢, 刘妍, 柴发合, 等. 城市空气污染指数改进方案及论证[J]. 环境科学研究, 2011, 24(2): 125-132.
- [17] BEER T, RICCI P F. A quantitative risk assessment method based on population and exposure distributions using Australian air quality data[J]. Environment International, 1999, 25(6/7): 887-898.
- [18] 宋国君, 宋书灵. 论城市空气环境质量评估模式的完善[J]. 环境污染与防治, 2008, 30(2).
- [19] 徐鸣, 王斌, 吕爱华, 等. 大气污染物多时间分辨率的小波分析[J]. 环境科学学报, 2008, 28(4): 786-790.
- [20] 陈魁. 天津市空气质量时间变化规律及相关性分析[J]. 中国环境监测, 2007, 23(1): 51-53.
- [21] ENGEL COX J A, HOFF R M. Science-policy data compact: use of environmental monitoring data for air quality policy[J]. Environmental Science and Policy, 2005(8): 115-131.
- [22] 黄成, 陈长虹, 李莉, 等. 长江三角洲地区人为源大气污染物排放特征研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(9): 1858-1871.
- [23] 黄中伟. 玉林市大气环境监测点位优化设置研究[J]. 沿海企业与科技, 2004(增刊 1): 42-44.
- [24] 郝吉明, 马广大. 大气污染控制工程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

编辑: 陈泽军 (修改稿收到日期: 2012-05-24)

(上接第 83 页)

一步研究社区参与环境管理奠定了良好的基础,同时也表明该模式在我国有着广泛的应用前景,但仍需在政策支持、资金保障和长效运行模式等方面展开进一步研究。

参考文献:

- [1] 潘岳. 环境保护与公众参与[J]. 理论前沿, 2004(6): 12-13.
- [2] 王远, 陆根法, 罗轶群, 等. 环境管理社区参与研究——社区污染控制报告会[J]. 中国环境科学, 2003, 23(4): 444-448.
- [3] 葛俊杰, 王仕, 袁增伟, 等. 社区环境圆桌会议: 公众参与的创新模式[J]. 南京大学学报, 2007, 43(4): 404-409.
- [4] 陈梅, 钱新. 公众参与流域水污染控制的机制研究[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(2): 5-8.
- [5] 李绅豪, 龚晶晶, 恽晓雪, 等. 基于利益相关方分析法的规划环评公众参与研究[J]. 环境污染与防治, 2008, 30(2): 68-71.
- [6] 张业修. 关注公众环保指数[J]. 群众, 2009(8): 79.
- [7] 向佐群. 西方国家环境保护中的公众参与[J]. 林业经济问题, 2006, 26(1): 60-63.
- [8] 马骏聪. 我国环境管理中的公众参与[J]. 环境污染与防治, 1998, 20(6): 21-23.
- [9] 徐荟华. 流域管理中的公众参与问题[J]. 前沿, 2004(3): 60-62.
- [10] 蔡守秋. 论环境保护社会团体和公众参与环境保护[J]. 中国环境管理, 1997(3): 6-9.
- [11] 鞠占杰. 我国民间环保组织的现状及未来发展问题探讨[J]. 环境保护与循环经济, 2011, 31(7): 70-73.

编辑: 卜岩枫 (修改稿收到日期: 2012-05-12)