

大气输送的环境背景场

任阵海

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

苏福庆

(北京市气象局, 北京 100081)

摘 要 根据环境管理和控制观点提出大气环境质量属于资源。欲解决在哪些地方开发环境资源有可能得到最大和最长久的持续发展, 在哪些地方是开发利用和环境保护相结合的地区, 采用环境背景场研究是比较适宜的途径。为此, 提出大气环境背景场的网络矩阵输送模型并利用我国大量历史资料制作出全年各季我国大气输送的环境背景场图。根据这些成果对我国各类输送型输送计算方法及各地区大气输送的环境资源背景场的影响进行了分析。

关键词 大气输送环境背景场 网络输送模型 输送汇(源) 输送通道 输送通道辐合(辐散)带

1 大气环境质量属于资源范畴

大气是人类赖以生存的基本要素之一, 因而把它作为一类自然资源。自工业化以来, 由于经济生产的快速发展, 开发自然资源的活动也急剧扩大。由于经济利益的驱使, 一些缺乏社会责任的人在生产过程采取只顾眼前利益的生产方式, 把大量废弃物向大气中排放, 使大气原来的性质发生变化, 因之出现了大气环境质量问题。优良的大气环境质量不仅是生产原料, 也能容纳一定的大气排污量, 因此大气环境质量代表着相应的经济利益。大气环境质量是有用的, 相当于可开采的资源, 优良的大气环境质量也是良好的生活环境条件的重要因素之一。因此, 大气环境质量也属于环境资源的范畴。

2 大气环境质量管理途径

所谓大气环境质量, 概略地说, 它包括这类资源的客观分布, 但是, 这个命题的重点在环境(大气污染), 而不是强调气候和温室气体。因而它涉及各类尺度的迁移特征与规律, 又随空间、时间而异; 此外, 还包括这类资源的使用价值的划定。1992年, 国家环境保护局作为政府的环境管理部门, 制定了环境与发展的十大对策, 其中明确规定产品价格应包含经济生产过程中损害自然资源的代价, 这是我国第一次以政府文件公布“环境质量就是资源”, 不过, 这种经济代价又直接同地区经济发展程度相关, 需要考虑到经济开发区的实际承受能力, 既要关注控制大气环境质量的需要, 又要兼顾地区经济起步建设过程的可能。

近年来, 我国的国民经济建设坚持走可持续发展的道路。就大气环境而言, 研究利用环境本身的资源性质以进行调控经济建设途径与开发, 特别是自然资源的开发与环境

保护的同步发展是具有我国特色的大气环境管理的基点。在 80 年代, 我国的环境管理人员和科技工作者提出环境容量与环境背景值的应用理论, 进而开发了总量控制的管理应用方法, 在此基础上形成条例、法规, 并广为执行, 已收到较好的效果。不过, 该理论方法只较好地解决了局地性范围的优化问题, 许多具体工作都纳入了地区政府的总体规划中。

当前在保护大气环境资源问题上, 需要在国家一级找到一种地区间实行协商统一的工具, 这个工具能把全国性的资源保护问题集中起来, 既符合科学原理, 又具有长时效, 并能容易地达到管理目标。例如, 在哪些地方开发环境资源最有可能收到最大最长远的效果, 在哪些地方的环境保护应更有效地与开发利用过程结合起来, 要解决这样的一些问题, 采取环境背景场的研究是一种比较适宜的途径^{1,2)}。

3 大气输送环境背景场的网络模型

由于下垫面特性及地貌的动力和热力作用使我国边界层大气输送十分复杂, 通常的流线分析和向量合成风方法, 不能适应环境污染诊断分析的特点。因此, 按照环境工作的需要, 我们参考多种文献^[1~7], 并根据多次试验, 结果表明, 自然条件下的大气输送是由多种通道组成的网络状输送, 由此建立了网络模型。而网络分析是把各气象站和探空曲线给出数值的高度点作为网络的空间点集, 根据点集上的风向, 求出链, 即得到大气输送通道。这种方法已在实际中应用。本文图 1~3 给出的只是地面输送通道, 而不是空间结构。

取有向网络为

$$G_D = G_D(S, \bar{L}, \bar{W}), \quad (1)$$

式中 $S = \{S(S_1, S_2, \dots, S_p)\}$ 为 P 个元素, 可把气象站点和各高度上有数据的探空站点近似看作不同高度上的平面点集。每个元素 S_i 的构成是 $S_i(\bar{W}, t)$, t 为时间。 $\bar{L}$ 为弧集: $\bar{L} = \{L(l_1, l_2, \dots, l_q)\}$ 为 q 个弧集元素。因为是有向, 存在顺序映射关系 $\Gamma: S_i \rightarrow S_j$, 且有 $(S_i S_j \neq S_j S_i)$, 可把弧集元素视为两站点间的大气输送通道, 但有 Γ 制约。 $\bar{W} = \{W(W_1, W_2, \dots, W_q)\}$ 为弧集元素上对应的权集, 可视为风速值。

把不同高度上提供数据的气象站点和探空站点看作空间点集, 这些空间点集也可看作非正常矩阵点:

$$\begin{cases} S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1m}, \\ S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2m}, \\ \dots\dots\dots \\ S_{n1}, S_{n2}, \dots, S_{nm}. \end{cases} \quad (2)$$

在这里 S_i 和 S_j 在矩阵中表示成 S_{ij} 或 S_{uv} , 把每个点集元素 $S_{ij} = S_{ij}(\bar{W}, t)$ 分成 N 个象限来分析。

1) 我国酸性物质的大气输送研究, 1995, 研究报告。

2) 我国酸沉降及其生态环境影响研究, 1996, 研究报告。

$$S_{ij} = \left\{ \begin{array}{cc} t_1 t_2 \cdots t_\alpha, & t_1 t_2 \cdots t_\beta \\ \overline{W}_1 \overline{W}_2 \cdots \overline{W}_\alpha, & \overline{W}_1 \overline{W}_2 \cdots \overline{W}_\beta \\ N_1 N_2 \cdots N, & N_1 N_2 \cdots N \end{array} \right\}. \quad (3)$$

建议 N 取 8, 并分别进行子块分析, 即在 45° 方位对 $S_{ij}(\overline{W}, t)$ 的风向量在某一定的 Δt 时段内进行向量分解再归并。进行子块分析, 即归并 S_{ij} 的元素使其个数尽可能少, 同时给出相应的 Δt 时段

$$\left\{ \begin{array}{cc} t_1 t_2 \cdots t_\alpha, & t_1 t_2 \cdots t_\beta \cdots \\ \overline{W}_1 \overline{W}_2 \cdots \overline{W}_\alpha, & \overline{W}_1 \overline{W}_2 \cdots \overline{W}_\beta \cdots \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{cc} \Delta t_1 \Delta t_2 \cdots \Delta t_\alpha, & \Delta t_1 \Delta t_2 \cdots \Delta t_\beta \cdots \\ \overline{W}_1 \overline{W}_2 \cdots \overline{W}_\alpha, & \overline{W}_1 \overline{W}_2 \cdots \overline{W}_\beta \\ N_1 (a \ll \alpha), & N_2 (b \ll \beta) \cdots N \end{array} \right\}. \quad (4)$$

设定: 作出一条弧, 要求弧起点所使用的风数据的相应观测时间段必须早于弧止点的风数据的相应观测时间段, 把在此条件下做出的弧都连接起来, 即 Δt_x 时间段包含 Δt_y 时间段内, $\Delta t_x \in \Delta t_y$ 。在条件: $S_{ij} \cup S_{uv} \Delta t_x \in \Delta t_y, N_1 N_2 \cdots N$, 求链: 按网络输送规则求得。

由上述条件制图, 即给出大气输送的环境背景场。它从相当长时段内的大量气象观测资料中提取出代表相当长时段的大气输送的信息, 又不损失每一个气象数据。

4 各类网络输送型控制地区的输送

根据网络输送模型和规则, 使用正常输送年气象站、探空站网和低空探测资料, 以一个月为时段, 制作出冬季 (1 月)、春季 (4 月)、夏季 (7 月) 和秋季 (10 月) 的地面、300 m、600 m、900 m、1500 m 和 3000 m 高度我国网络输送图 (大气输送的环境背景场), 由此图就能发现季节性输送通道、常驻性输送通道、地方性输送通道和各类网络输送型, 如果相邻月份的季节性输送通道相似, 也能把相邻月份的气象资料一起建成为两个月份时段的背景场。

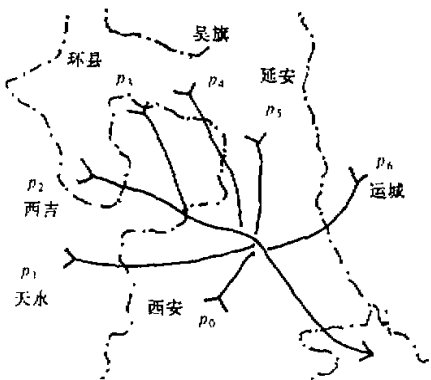


图 1 陕西省关中盆地汇

大气输送的环境背景场, 可用于确定输送型控制地区大气中所含物质的输送, 例如排放源可能影响的地区、地区污染物的输入、输出和滞留、各类可转变物质的输送及输送网络系统的输送, 它避免了流线方法的杂乱及向量叠加方法形成污染浓度分布的畸变。现以输送汇系统为例, 阐明计算方法。

图 1 为夏季 7 月份陕西省关中盆地输送汇系统 (摘自 7 月份地面环境背景场, 见图 2), 其中 $P_0, P_1 \cdots P_6$ 为输送通道。任何输送系统由若干个输送通道组成, 每个通道应赋予一个实数权重 W_i ,

它确定该通道对汇的影响程度，在某时段各通道对汇区的输入为

$$I = \sum_{i=0}^{N-1} W_i P_i, \tag{5}$$

该式决定于每个通道中的各个排放源、污染物在通道中的转化、沉降、浓度变化、与通道周围的扩散交换，通道中的风速和通道长度等因素。

由于地形、下垫面特征和高度的影响，汇区的污染物汇聚，只有超出阈值 S 后，才能形成汇区输出(y):

$$y = f(b), \tag{6}$$

式中

$$b = \sum_{i=0}^{N-1} W_i P_i - S, \tag{7}$$

$$f(b) = \begin{cases} 1, & b > 0 \text{ 输出,} \\ -1, & b \leq 0 \text{ 滞留.} \end{cases} \tag{8}$$

$f(b)$ 的函数形式，需用实测资料或统计资料确定。

5 我国大气输送的环境质量分析

图 2、3 分别给出 7 月份和 1 月份的地面大气输送的环境背景场。全年各月份大气

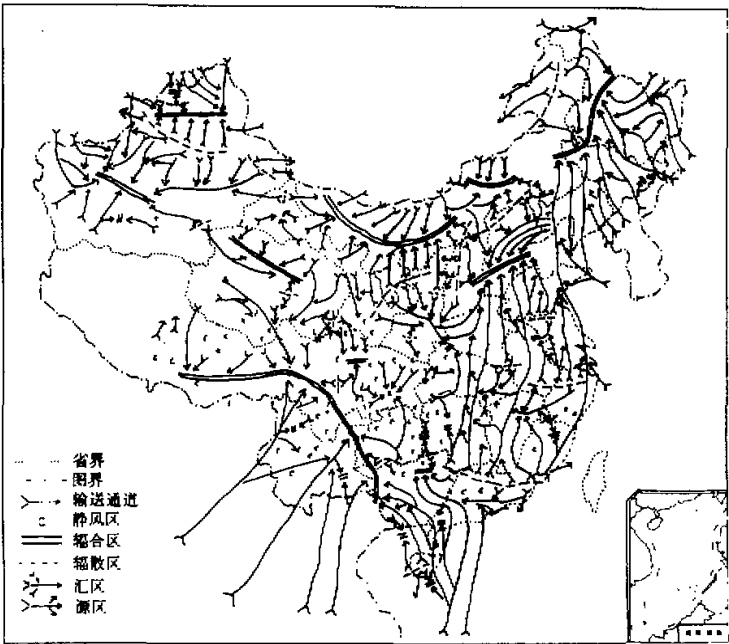


图 2 7 月份大气输送的环境背景场 (地面)

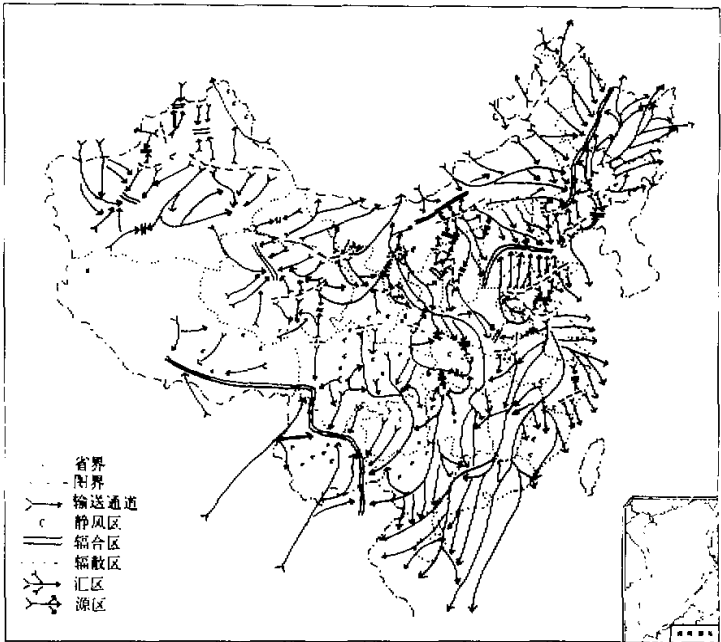


图 3 1 月份大气输送的环境背景场（地面）

输送的环境背景场图，关中盆地是常驻性汇，4 月份最明显，10 月份较弱。

根据大气输送的环境背景场图中我国各地网络输送类型（本文仅提供 1 月份和 7 月份地面图），可以给出各种输送型控制地区污染物排放控制和分配分析。

我国一些地区（特别是西南地区）有多种常驻性静风区，全年各季静风日数平均可达 20 天左右。静风区的输送很弱，局地大气污染严重，主要是局地排放源造成。由于不具备排放输出条件，应根据地区情况，控制本地区排放，在严重污染区应作出本地区长期削减措施和控制规划。

在常驻性输送通道汇区（如四川盆地、两湖盆地、鄱阳湖盆地、关中盆地等，见图 2、3）为污染物汇集区，汇区上游各类网络输送通道网，特别是常驻性输送通道（如四川达县和梁平输送通道，浙江杭州经金华、衢州、玉山、黄溪至南昌的常驻性东风输送通道，江西景德镇、波阳的东北风输送道等，见图 2、3）上的地区，为了减轻污染物汇集区的堆积，应控制排放。我国各地区常驻性输送通道汇区，目前多数已形成严重污染，应采取控制措施，控制和停止汇区及通道网络通过地区的排放。

我国各地区有多类通道网相交绥形成辐合带区，有些辐合带对应的 1500 m 或 3000 m 高空多有相对高浓度污染物输送带，在有适宜输送系统影响时，造成低空污染物汇集及高空污染物输出，并为华北地区冬季航测资料证实。因此，在常驻性辐合带控制地区（如京津冀常驻性辐合带、西南地区辐合带等）及辐合带两侧的输送通道网络区，应抑制排放。

在我国网络输送背景场中,有许多区域性网状输送通道辐散区(源),由各枝状通道向四周呈辐散型输出(如冬季1月份吉林省输送源区,山东辽东半岛辐散源区,江苏省北部辐散源区;夏季7月份陕、宁、甘辐散源区等,见图2、3),有利于局地污染物的疏散。这些地区大气污染物的排放,难以形成大气严重污染区。

综上所述,根据我国大气输送的环境背景场,可对我国各地区大气污染物排放的控制和分配提供科学分析和计算。若能利用我国1千多个县地面站的气象资料,制作各种尺度组合的网络模型,可提供更为详实的污染物排放、控制和分配的分析。

大气输送的环境背景场还为各种地貌地区的输送及酸雨形成机理以及合理的环境资源利用提供科学基础。

致谢: 在本文的写作过程中曾得到陶诗言院士的指导,谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 卢开澄, 1991, 组合数学(第2版), 北京: 清华大学出版社, 189~237.
- 2 秋山仁, 1991, 现代组合论, 济南: 山东教育出版社, 91~137.
- 3 刘彦佩, 1994, 图的可嵌入性理论, 北京: 科学出版社, 361~375.
- 4 李乔, 1993, 组合数学基础, 北京: 高等教育出版社, 225~257.
- 5 Lu, S., M. H. Taibleson and G. Weiss, 1989, *Spaces Generated by Blocks*, Publishing House of Beijing Normal University, 36~45.
- 6 Promel, H. J. and B. Voigt, 1991, *Aspects of Ramsey Theory*, Springer-Verlag, 7~15.
- 7 Tomescu, I., 1985, *Problems in Combinatorics and Graph Theory*, John Wiley, 45~68.

Environment Background Field of Atmospheric Transportation

Ren Zhenhai

(Chinese Research Academy of Environment Sciences, Beijing 100012)

Su Fuqing

(Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100081)

Abstract According to the view point of environmental management and control, it is suggested that air quality belongs to the category of resources. Based on the resource character of air quality, the coordination problem of resource development and utilization and environment protection, it is necessary and suitable to establish the environmental background field with network theory and meteorological data.

Key words environmental background field of atmospheric transportation network model of transportation sink (source) of transportation pathway of transportation convergence (divergence) belt of transportation pathway