

北京 PM10 重污染预警预报关键因子研究

王喜全^{1,3} 虞 统² 孙 峰² 辛连忠² 邱启宏² 李金香² 王自发¹

1 中国科学院大气物理研究所竺可桢-南森国际研究中心, 北京 100029

2 北京市环境保护监测中心, 北京 100081

3 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘 要 利用 CART 方法对造成北京 PM10 重污染的气象条件分析结果表明: 适当的湿度条件和前期的污染状况是造成北京 PM10 重污染的必要条件, 其他条件, 如大气稳定度、边界层高度、持续性小风以及气压, 是造成 PM10 重污染的重要条件。特别值得指出的是, 湿度作为必要条件的出现, 可能蕴涵着重要的物理化学过程, 对其开展深入研究将对北京大气污染的控制和预报有所裨益。

关键词 空气污染预报 PM10 重污染 气象条件 北京

文章编号 1006-9585 (2006) 04-0470-07 **中图分类号** X16 **文献标识码** A

Key Meteorological Factors Resulting in PM10 Heavy Air Pollution in Beijing

WANG Xi-Quan^{1,3}, YU Tong², SUN Feng², XIN Lian-Zhong²,
QIU Qi-Hong², LI Jin-Xiang², and WANG Zi-Fa¹

1 *Nansen-Zhu International Research Center, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

2 *Beijing Environmental Protection Monitoring Center, Beijing 100081*

3 *The Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*

Abstract CART method has been used to study the meteorological factors resulting in the PM10 heavy air pollution of Beijing. One main interesting conclusion is that humidity condition, PM10 condensation day before are prerequisite factors, while other meteorological factors, such as atmospheric stability, boundary layer height, and sustained weak wind, are important factors. It is help for air pollution control and forecast with further research on the humidity conditions.

Key words urban air pollution prediction, PM10 heavy air pollution, meteorological factors, Beijing

1 引言

对北京重污染 (API 污染指数 3 级以上) 做出比较准确的预报, 既是城市空气质量预报工作的重点, 也是预报工作的难点。为此而发展的城市空气质量预报模式, 在为城市空气质量变化趋

势提供预警预报手段的同时, 还为城市空气质量控制、管理与立法, 以及污染防治提供科学依据。

根据预报的方法来分类, 空气质量预报主要包括空气污染潜势预报和空气污染浓度预报。前者主要预报可能导致空气污染的特殊天气形势或气象参数, 目前我国气象台发布的空气污染预报属于此类; 后者主要预报污染物浓度值或污染物

收稿日期 2004-07-18 收到, 2005-10-30 收到修定稿

资助项目 国家科技专项“北京市大气污染控制对策研究”

作者简介 王喜全, 1962 年出生, 男, 副研究员, 主要从事城市空气质量数值预报和城市气候研究。E-mail: wxq@mail.ia.ac.cn

指数值（如 API 指数）的时空分布，目前我国环保部门发布的空气污染物指数等级预报属于此类。

就浓度预报方法来说，又可分为数值预报方法和统计预报方法。前者以大气污染的物理、化学机制为基础，利用数学方法和计算技术，计算一定区域内在污染源影响下的空气质量。后者基于气象因子与空气质量间的统计关系，建立从简单相关到多参数的回归方程，并利用其他方法预报的气象因子，预测空气质量。统计预报一般不考虑大气污染的物理、化学机制，建立统计预报模型的主要任务之一就是积累平行的空气质量和气象观测数据。目前我国除少数几个城市的环保部门（如上海、郑州、深圳等城市）开展城市空气质量数值业务预报以外，其他城市一般都采用某种统计预报模式开展城市空气质量业务预报工作。据中国环境监测总站统计，就目前污染指数（API）等级预报的效果来看，统计预报方法和数值预报方法能力相当^①。

随着北京市空气质量管理力度的加强，北京城市空气中的大气总悬浮颗粒物（TSP）含量有了明显的下降，空气质量得到明显的改善。但是具有重大气候效应的、对人体健康有害的、直径小于等于 $10\ \mu\text{m}$ 的可吸入颗粒物（PM10）的含量并没有显著减少。据北京市环境保护监测中心的统计，2001 年有 299 天的首要污染物为可吸入颗粒物，占全年总天数的 82%，其中 20 天中度以上污染日的首要污染物全都是可吸入颗粒物^②。因此开展北京城市空气重污染预警、预报研究，特别是 PM10 重污染预警预报关键因子研究，就有着特别重要的意义。

2 样本的选取及研究预报级别划分

为研究和解决北京市 PM10 重污染预警预报问题，我们试验了线性回归、判别分析等不同的统计预报方法。结果表明，在 PM10 重污染预警预报方面，各种方法可以相互补充，但 CART 方法对造成北京市 PM10 重污染关键因子判别方面具有独特的优点。

PM10 数据样本取自 3 个时间段，分别为 1999 年 1~3 月，1999 年 10 月至 2000 年 3 月，以及 2000 年 10 月至 2000 年 12 月 20 日。由于沙

尘天气主要是外来源造成的^[1]，剔除了被明确认定是沙尘天气的样本后，获得的样本总数为 330 个。PM10 数据采用北京市区 7 站平均日均值，即每晚 20 时（北京时，下同）至次日 20 时市区 7 站平均值。在 1999 年 1~3 月期间仅有车公庄一个站有 PM10 的数据。考虑到车公庄站与市区其他站平均值的相关性和一致性很好，在该时间段内 7 站的日均值用车公庄站的日均值代替，以便尽可能地增加样本总量。模式的预报因子主要包括污染持续性因子和气象条件因子两大类，其中污染持续性因子为前 1 天的 PM10 浓度，气象条件因子为北京市观象台 08 时和 20 时的探空数据和 02、08、14、20 时的地面气象数据，以及上述部分基本气象因子组合后的二次因子。

不同级别污染的预警预报的重要性是不同的。预警预报应首先能够对较重污染和较轻污染做出比较准确的区分，并在此基础上采用不同的方法使预报更为准确。空气污染的国家级别标准以人体健康为标准，与气象条件状况并不一定具有直接的关系。由于本文的主要目的是探讨北京市 PM10 重污染与主要气象条件的关系，在参照国家环境空气污染指数（API）分级标准^[2]的同时，本文对 PM10 污染级别的划分进行了一些调整。具体办法是：将国家标准的级别 1 和 2 合并为研究级别 1，国家标准的级别 4 和 5 合并为研究级别 4；国家标准级别 3（1）和 3（2）不变，分别称为研究级别 2 和研究级别 3。从北京市 PM10 污染的实际情况来看，级别 3（2）与较高级别和较低级别污染都有可能混淆，如果能够对 3（2）做出相对准确的判断，则对于其他级别的判断，特别是达到或高于国家级别 4 的污染的预报非常重要。表 1 列出本研究采用的 PM10 API 分级标准。

3 PM10 级别预报 CART 模式的建立

CART（Classification And Regression Tree）方法^[3]的主要思路是：根据要预报变量观测值对

① 与中国环境监测总站同志个人通信，2002

② 北京市环境保护监测中心，北京市大气污染控制对策研究，2002

表 1 本研究采用的 PM10 空气污染指数 (API) 分级标准
Table 1 The classification of PM10 air pollution index (API) oriented this research

	研究级别 1 Grade 1	研究级别 2 Grade 2	研究级别 3 Grade 3	研究级别 4 Grade 4
API	<150	<250	<350	≥350
描述 Description	较好 Good	较轻污染 Light	较重污染 Low	重污染 Heavy

预报因子的响应,将预报观测值分成组内“差别”最小的两个组,对所分成的两组再继续按此方法分下去,直到符合要求,得到一个判别二叉树。二叉树上结点对应的预报因子,就成为判断预报变量取值区间或类别归属的预报条件。

从原则上讲,应尽可能选取相关性或区分性好的因子作为预报因子。具体办法就是,利用相关系数或不同组间因子的均值差异,寻找符合条件的因子。在分析大量预报因子的基础上,选取了 23 个气象因子和一个污染持续性因子(前 1 天 PM10 的浓度),表 2 给出建立 CART 判别模式的预报因子,主要包括温度、风速风向、持续性、湿度、稳定度 5 大类。

以 PM10 日均值划分的 4 个研究级别作为预报量,以表 1 所列因子为预报因子,用 CART 方法做 PM10 的级别预报,所得到的二分叉树基本分为 3 个分支。图 1 给出了整体分类判别树,但只有中间分支的判别树被完整给出,这个分支中集中了绝大部分研究级别为 3 和 4 的样本,称该分支为较重污染分支,图 1 左侧的分支总体上由研究级别 2 构成,右侧的分支总体上由研究级别 1 构成。

从 3 个分支树看,有 12 个因子被引入了判别模式,即 H02TTds、PM10pre、H08MIXH、H08sT8、Yh20Td1、H08TTds、H20T8、Sws1、H08T9、H08p0、H08T91、H20p0,分别代表湿度、温度、稳定度、风速、气压以及污染持续性 6 种因子,总共有 33 个终端结点,283 个有效样本,其中 42 个被错判,错判概率为 15%。表 3 给出完整的分类判别树及 3 个分支树的结点数、剩余平均偏差、错判概率,整体而言判别的准确率是比较高的。前 5 个结点的判别条件分别是:结点 1 为样本参数,结点 2 为 $H02TTds < 11.15$,结点 3 为 $H02TTds > 11.15$,结点 4 为 $H02TTds < 11.15 \& Pm10pre < 199$,结点 5 为 $H02TTds < 11.15 \& Pm10pre > 199$ 。表 4 给出前 5 个结点条

件下 4 个研究级别出现的概率。

结点 1 给出了建立模式样本数量及各级别发生的概率,在 283 个样本中,研究级别为 3 和 4 的样本占 26%。结点 3 首先将很大一部分研究级别为 1 和 2 的,特别是研究级别为 1 的样本与其他样本区分开来,使研究级别 3 混入的可能性很小。结点 4、5 则进一步把剩余样本中污染较轻与污染较重级别区分开。结点 5 的重要性在于,其基本上将研究级别 3 和 4,特别是研究级别为 4 的大部分样本与研究级别 1 和 2 的样本区分开,使得较重污染漏报的可能性降低。显然,模式对于研究级别 1、2 和研究级别 3、4 的区分相当明显。绝大多数 3、4 级别的样本都出现在以 H08sT8 为判别因子的分支树上,而 1、2 研究级别主要出现在两侧的分支树上。

图 2a、2b 分别给出图 1 以及结点 (H08sT8) 以下分支树参量偏差随结点数增加而下降的情况。图 2a 显示,前二个结点对于方差的贡献很大,且方差下降迅速。这两个结点对应的判别因子分别为湿度因子 H02TTds 和 PM10 浓度持续性因子 PM10pre,显然,这两个因子是对 PM10 级别做出基本判断的最重要因子。从图 2b 方差下降的幅度看,H08sT8、H08T91、H08MIXH 因子对该分支下样本级别的判断非常重要。对于左侧和右侧污染较轻分支树(图略),在方差下降幅度相同的情况下,左侧分支树比右侧分支树需要更多的结点数。这是因为在左侧分支树中,除出现研究级别 4 外,研究级别 1、2、3 也都有可能出现,且都占有一定的比例,导致污染级别判断相对更困难一些,错判概率也随之增高,但准确率仍然在 80%以上。

4 北京市 PM10 重污染判别的关键因子及判别条件

本节根据上一节的结果,对造成北京 PM10

表 2 预报因子列表
Table 2 The list of predictive factors in the model

预报因子 Factors	预报因子说明 Descriptions
PM10pre	前 2 天 20 时至前 1 天 20 时平均浓度 PM10 mean concentration from 2000 BT day before yesterday to 2000 BT yesterday
Yh20p0	前 1 天 20 时探空地面气压 Surface pressure at 2000 BT yesterday
Yh20Td1	前 1 天 20 时探空 1000 hPa 露点温度 1000 hPa dew-point temperature 2000 BT yesterday
Yh20T9	前 1 天 20 时探空 925 hPa 温度 925 hPa temperature at 2000 BT yesterday
Yh20T8	前 1 天 20 时探空 850 hPa 温度 850 hPa temperature at 2000 BT yesterday
Yh20MIXH	前 1 天 20 时混合层高度 Mixing height at 2000 BT yesterday
Sws1	前 1 天 20 时与当日 08 时 1000 hPa 风速之和 1000 hPa sum of wind speed at 2000 BT yesterday and 0800 BT today
H08p0	08 时地面气压 Surface pressure at 0800 BT today
H08Td0	08 时地面露点温度 Surface dew-point temperature at 0800 BT
H08T91	08 时 925 hPa、1000 hPa 温差 Temperature difference between 925 and 1000 hPa at 0800 BT
H08T9	08 时 925 hPa 温度 925 hPa temperature at 0800 BT
H08T8	08 时 850 hPa 温度 850 hPa temperature at 0800 BT
H08Wd8	08 时 850 hPa 风向 850 hPa wind direction at 0800 BT
H08sT8	08 时 850 hPa 稳定度 850 hPa stability at 0800 BT
H08sT7	08 时 700 hPa 稳定度 700 hPa stability at 0800 BT
H08MIXH	08 时的混合层高度 Mixing height at 0800 BT
H20p0	20 时地面气压 Surface pressure at 2000 BT
H20Td1	20 时 1000 hPa 露点温度 1000 hPa Dew-point temperature at 2000 BT
H20T9	20 时 925 hPa 温度 925 hPa temperature at 2000 BT
H20T8	20 时 850 hPa 温度 850 hPa temperature at 2000 BT
H20Wd8	20 时 850 hPa 风向 850 hPa wind direction at 2000 BT
Sd24ph14	14 时 24 h 地面变压 24 h surface pressure trend at 1400 BT
H02TTds	02 时地面温度露点差 Surface dew-point temperature at 0200 BT
H08TTds	08 时地面温度露点差 Surface dew-point temperature at 0800 BT

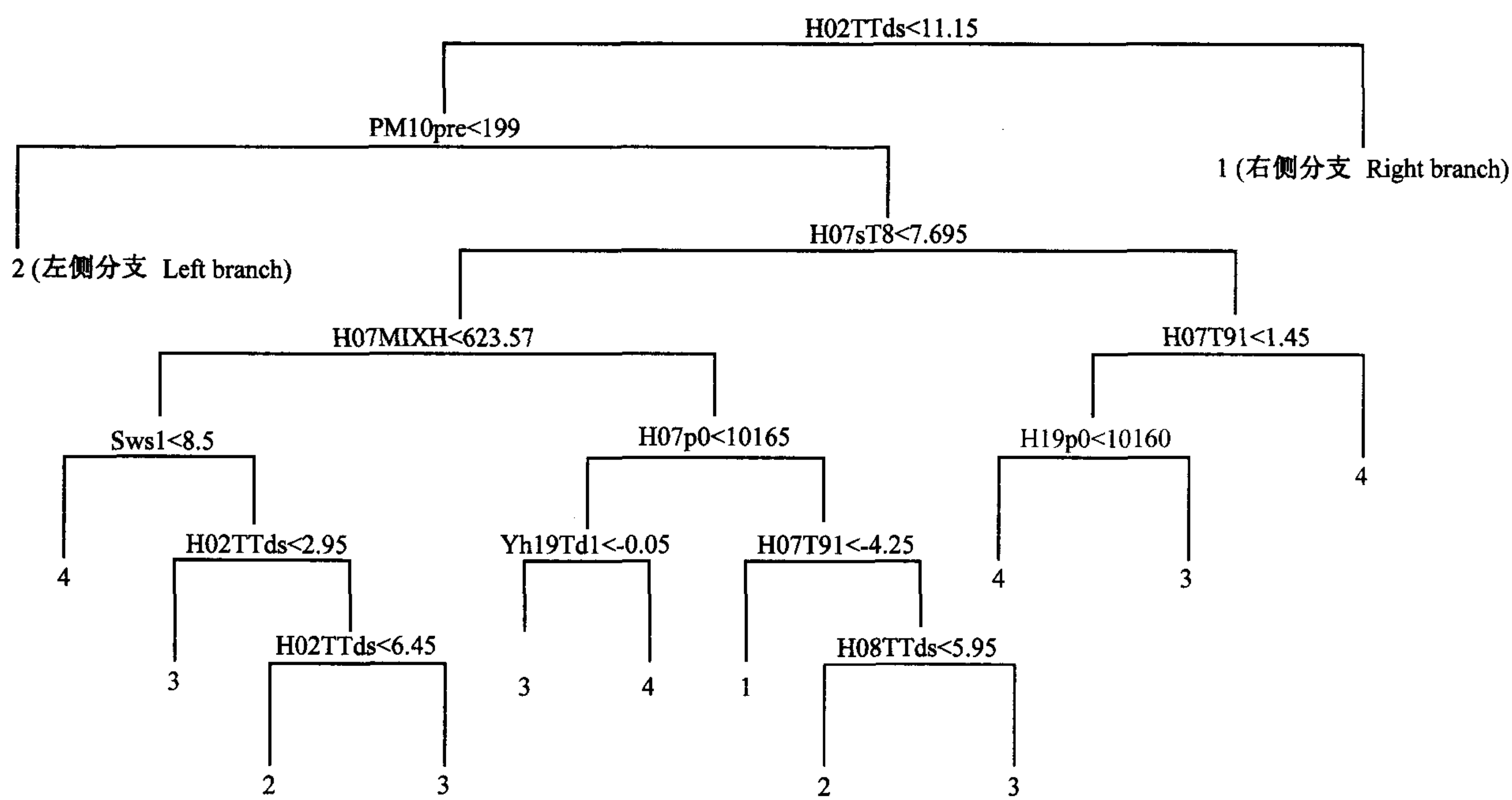


图 1 PM10 的分类判别树。只给出较重污染分支树，左侧分支（级别判断为 2 的分支）和右侧分支（级别判断为 1 的分支）略
Fig. 1 CART Decision-tree of PM10 air pollution level. Only heavy pollution branch is shown, the left branch for Grade 2 and the right branch for Grade 1 are neglected

表 3 PM10 污染等级分类判别树主要性能指标
Table 3 Main specifications of the decision-tree for PM10 air pollution levels

	完整分类判别树 Full Decision-Tree	左侧分支树 Left branch	右侧分支树 Right branch	较重污染分支树 The branch for heavy pollution
结点数 Node size	33	13	8	12
剩余平均偏差 Residual mean difference	0.7145	0.7225	0.5098	0.983
错判率 Errors ratio	0.15	0.15	0.11	0.20

表 4 前 5 个结点条件下 4 个研究级别出现的概率
Table 4 The probability of 4 classifications under the conditions of first five nodes

结点 Node	判别参量 Factors	样本数 Samples	研究级别 1 Grade 1	研究级别 2 Grade 2	研究级别 3 Grade 3	研究级别 4 Grade 4
1	H02TTds	283	0.45	0.29	0.15	0.11
2	H08MIXH	108	0.80	0.13	0.07	0.00
3	PM10pre	175	0.24	0.38	0.25	0.13
4	H08MIXH	89	0.34	0.54	0.12	0.00
5	H08sT8	86	0.14	0.22	0.29	0.35

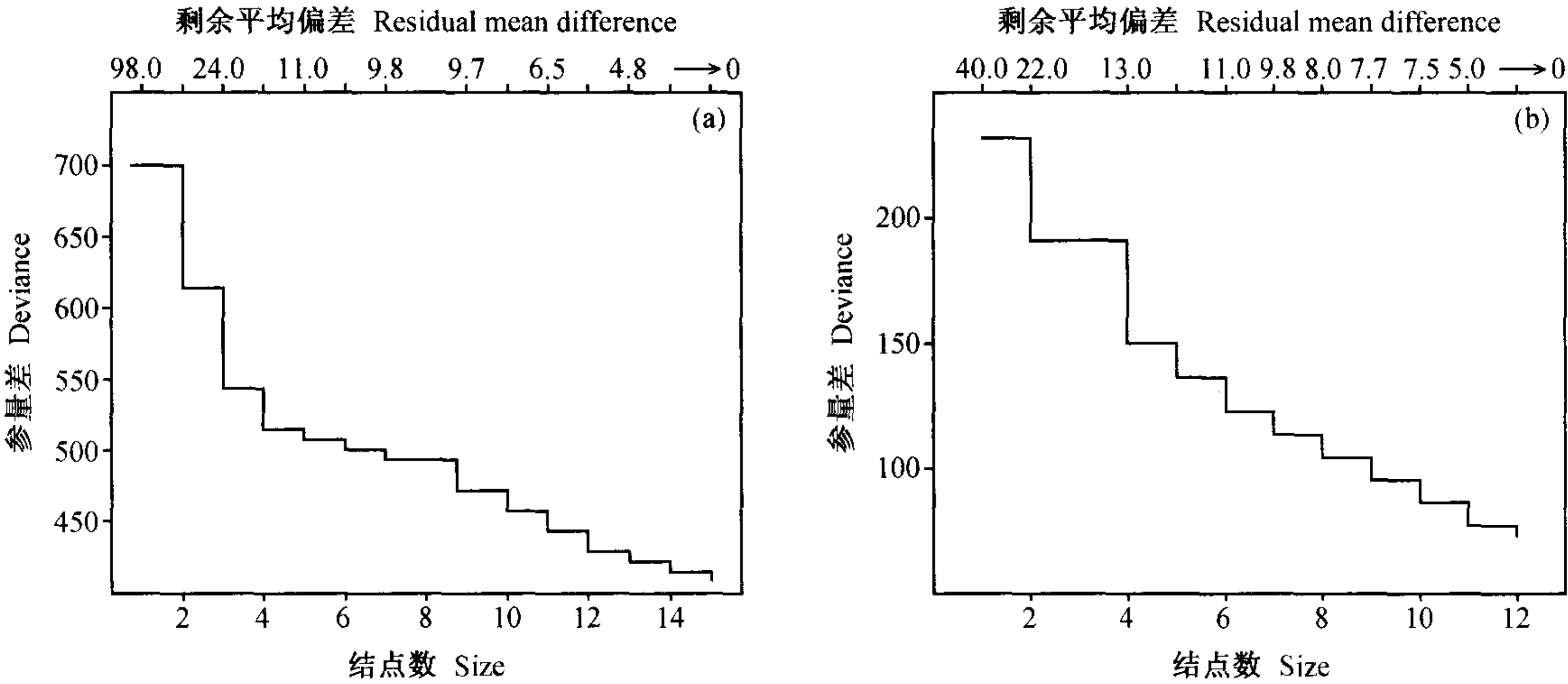


图 2 (a) 图 1 参量偏差随结点数的变化及 (b) H07sT8 结点以下分支树参量偏差随结点数的变化
Fig. 2 (a) The variation of deviance with node size and (b) the variation of deviance with node size below the node of H07sT8 in Fig. 1

重污染的条件进行进一步的分析。表 5 给出被判别为研究级别 4 的 4 组判别条件, 以及在该判别条件下样本的概率分布。

从表 5 可以看出, 凌晨 02 时的温度露点差 H02TTds 和前 1 天 PM10 的浓度 PM10pre 两个因子是出现 4 级污染的前提条件, 所有判别出 4 级污染都出现在 $H02TTds < 11.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $PM10pre > 199\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的条件下, 这两个条件在很大程度上已经将级别 3、4 的污染从大量的样本中区分开来, 是模式判别 3 (2) 级及以上污染的最重要条件, 是模式对 3 (2) 级别污染有很高判别能力的基础。

在满足以上前提条件的情况下, 几个表征垂直扩散的因子, 如 08 时 850 hPa 的稳定度 H08sT8, 08 时 925 hPa 与 1 000 hPa 两个层次的温度差 H08T91, 08 时的混合层高度 H08MIXH, 以及 08 时和 20 时地面气压等气象因子, 则可对研究级别 3、4 进行判别区分。表 5 给出的 4 种重污染判别条件中, 前 3 个条件都是直接表示垂直扩散条件的, 只是强度有所差异, 其中最重要的两个因子是 H08sT8 和 H08T91。在表 5 列出的 4 个条件中, 第 1 种条件的扩散条件最不利, 其特征是 H08sT8 大于 $7.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 08 时逆温高度达到 925hPa 且强度在 $1.45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上, 这个条件覆盖了

表 5 北京 PM10 重污染判别条件及在该条件下各级别的概率分布
Table 5 The judgment criterion and probability distribution of heavy PM10 air pollution in Beijing

4 级污染判别条件 Judgment criterion of Grade 4	样本量 Samples	研究级别 1 Grade 1	研究级别 2 Grade 2	研究级别 3 Grade 3	研究级别 4 Grade 4
第 1 种 First type H02TTds<11.15, PM10pre>199, H08sT8>7.695, H08T91>1.45	15	0.00	0.00	0.00	1.00
第 2 种 Second type H02TTds<11.15, PM10pre>199, H08sT8>7.695, H08T91<1.45, H20p0>1016	6	0.00	0.00	0.20	0.80
第 3 种 Third type H02TTds<11.15, PM10pre>199, H08sT8<7.695, H08MIXH<623.57, Sws1<8.5	7	0.00	0.00	0.43	0.57
第 4 种 Forth type H02TTds<11.15, PM10pre>199, H08sT8<7.695, H08MIXH>623.57, H08p0<10165, Yh20Td1>-0.05	7	0.29	0.14	0.00	0.57

研究级别 4 样本的 50%以上。第 2、3 种条件的垂直扩散条件比第一种要弱一些，但满足这两种条件仍然会使空气污染指数达到 3（2）级以上的污染水平。第 4 种条件能区分的研究级别 4 的样本最少（该条件下可出现 1、2 级别的污染），在这种条件下的重污染不是在扩散条件不利的情况下发生的，出现重污染的原因比较复杂，因此判别的准确率比较低。

下面分析一下 4 种重污染判别条件的判别因子及对重污染的判别能力。第 1 种条件和第 2 种条件都满足 $H02TTds < 11.15$, $PM10pre > 199$, $H08sT8 > 7.695$ 条件，满足该条件的 21 个样本中有 20 个达到了中等程度重污染，说明该条件对重污染识别能力是比较强的。这两组条件涉及的因子还有 $H08T91$ 和 $H20p0$ ，其中 $H08T91$ 表征逆温状况，说明逆温强度是形成较重污染的重要条件。 $H20p0$ 是气压因子，这与北京的 PM10 重污染多发生在低气压系统或弱气压场天气系统控制下的现象是一致的。

第 3 种重污染条件是垂直扩散条件，包括 08 时的混合层高度、夜间至次日清晨 1 000 hPa 的持续风速 $Sws1$ 。该条件下的样本数不多（7 个），且都是 3（2）级以上的样本，其中重污染样本有 4 个。虽然该条件下判别准确程度有所下降，但仍然可以把比较重的污染样本区分出来。

第 4 种条件的判别因子最多，其中的多数因子并不属于垂直扩散条件不利的因子，但其中出

现的气压因子说明，气压状况是判别北京 PM10 重污染的一个重要因子，其判别准确率也可达 57%左右。最大的问题是，在满足这些条件的样本中出现了研究级别 1、2 的样本，因而可能出现较多的对 PM10 重污染空报的可能性。

综上所述，北京 PM10 重污染发生的必要气象条件是，满足一定的湿度条件和前期 PM10 浓度达到一定的污染水平。对于湿度条件，我们对在 2003 年小汤山观测期间不太充分的资料分析表明，当湿度增加的情况下，PM 的谱分布有整体漂移现象发生，即随着空气湿度的增加，小粒子的数密度减少，而大粒子的数密度增加，这一漂移现象的出现可部分解释湿度条件对北京 PM10 重污染发生的贡献。垂直扩散条件不利是出现较重污染特别是中等程度重污染的重要的条件， $H08sT8$ 和 $H08T91$ 为判断垂直扩散条件的重要因子，特别是当地面逆温高度达到 925 hPa 时，发生中等程度重污染的可能性很大。水平扩散条件也较重要，当夜间到白天 1 000 hPa 持续小风的情况下，PM10 污染可以达到比较高的程度。值得一提的是，北京地区处于低压区或弱气压天气系统控制下是北京发生中等程度或以上 PM10 重污染的一个系统性特征。

5 结论

本文采用 CART 方法，研究了北京 PM10 污

染预警预报的判别条件问题,建立了相应的预报模式,着重分析了北京 PM₁₀ 重污染(4 级污染)的几种判别条件,为北京 PM₁₀ 重污染警报的实施提供了手段。同时,还为发展应用于空气污染预报的数值天气预报指出了应重点预报的气象要素。主要结论有:

(1) CART 方法是解决北京 PM₁₀ 污染预报,特别是 API 指数等级预报问题的一种好方法。该模式对较轻污染[3(2)级以下级别污染]和较重污染[3(2)级以上,含 3(2)级]的区分正确率达到 89.9%。由于 3(2)污染级别的污染状况已经比较重,同时 3(2)级别还是污染警报的一个重要指标,因此模式的这种区分能力是令人满意的。

(2) CART 模式对 4 个级别污染预报的准确率达到 61%,错报多发生在相邻级别的混淆上。北京市出现较重的污染需要满足一定的基本条件,即 $H02TTds < 11.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以及 $PM_{10pre} > 199\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。在满足基本条件的前提下,北京是否将达到重污染取决于垂直扩散条件的不利程度,即地面逆温强度和高度,最重要的两个因子是 08 时 850 hPa 的稳定度 $H08sT8$ 和 1000 hPa 与 925 hPa 的温度差 $H08T91$,当地面逆温高度达到 925 hPa 且达到一定强度时(统计给出的判据是 $H08T91 > 1.45\text{ }^{\circ}\text{C}$),北京市发生重污染的可能性非常高,而且这是北京市重污染最重要的一类,超过 50%。其他几个重要因子是 08 时混合层高度 $H08MIXH$ 、20 时地面气压 $H20p0$ 和 1 000 hPa 风速持续性因子 $Sws1$ 。

(3) 本文给出 4 组北京发生 PM₁₀ 重污染的判别条件,其中前 3 种都是表征垂直扩散条件的,

但第 4 种与扩散条件的关系不明显,在该条件下造成的中度以上重污染的原因比较复杂。

气象条件是造成北京 PM₁₀ 重污染的外部条件,决定北京污染水平的根本条件是北京及周边地区的污染排放。因此,任何统计方法建立的统计预报模式或判别条件都是相对的,污染水平与气象因子之间的关系会随着北京市污染源排放水平的变化而变化。如果排放水平有显著变化,统计模式需要做出相应的调整。但就目前北京 PM₁₀ 的实际污染状况看,以上结论对我们改进气象因子的预报提出了明确的目标。值得注意的是,从湿度条件是造成北京 PM₁₀ 重污染的基本条件看,还有一些物理化学过程需要进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] 刘毅,周明煜. 北京沙尘质量浓度与气象条件关系研究及其应用. 气候与环境研究, 1998, 3 (2): 142~146
Liu Yi, Zhou Mingyu. Studies of the relation between mineral aerosol concentration and meteorological conditions over Beijing and its applications. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 1998, 3 (2): 142~146
- [2] 中国环境监测总站. 城市空气质量预报技术指标. <http://www.cnemc.cn>
Environmental Monitoring Center of China. *Technical specification of Urban Air Pollution Prediction*.
<http://www.cnemc.cn>
- [3] Burrows W R, Benjamin M, Beauchamp S, et al. CART Decision-Tree Statistical Analysis and Prediction of Summer Season Maximum Surface Ozone for the Vancouver, Montreal, and Atlantic Regions of Canada, *J. Appl. Meteor.*, 1995, 34 (8): 1848~1862