

北京地区冬、春季节大气稳定度演变特征^①

杨贤为 叶殿秀 马天健

汪万林

(国家气候中心,北京 100081)

(国家气象中心)

提 要

利用北京地区冬春季节逐日定时地面常规观测资料,使用修正的 Pasquill 分类法计算了该地区大气稳定度相对值序列,并在此基础上分析了大气稳定度月际变化、日变化等分布特征,划分出若干持续时间较长的长稳定过程。

关键词: 修正的 Pasquill 分类法 大气稳定度 长稳定过程

引 言

众所周知,边界层内气温的垂直分布与空气污染有密切的联系^[1],而大气稳定度是反映大气温度垂直分布的重要参量。在污染源排放量相对固定的情况下,污染物在大气中扩散、释放的速度、距离和范围受大气稳定度的影响。当大气处于稳定状态时,污染物在大气中扩散缓慢、范围小、浓度大;当大气处于不稳定状态时,情况与此截然相反。因此,大气稳定度不但是有关污染物浓度计算公式中不可缺少的条件^[2],其本身也是衡量大气污染严重与否的重要指标之一。

资料统计表明^[3],北京地区主要污染物浓度呈现明显的年变化特征。以 SO_2 为例,5~10月 SO_2 浓度均低于 $0.05\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,其中7月最低,浓度不足 $0.03\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$;11~4月 SO_2 浓度普遍高于 $0.15\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,1月最高超过 $0.30\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。由此可见,冬、春是北京地区大气污染相对严重的季节,一方面其时正值供暖期,大气中污染物排放量较多;另一方面由于此时气温偏低,大气层结稳定,加上降水日数偏少,对大气的净化作用减弱,导致大气中的污染物浓度居高不下。

本文计算了北京地区2000年11月~2001年4月逐日定时(每日8次)大气稳定度相对值序列,统计了各月及不同时间次的稳定度等级,揭示了该时段内稳定度的月际变化和日变化特征,最后依据一定的指标划分出若干持续时间较长的长稳定过程,以便为本地区的大气污染治理及深入进行与高污染过程的对比分析提供必要的气候背景和资料基础。

1 计算方法和资料

大气稳定度的分类方法很多,本文采用国际上公认的 Pasquill 法(简称 PS 法)^[4](GB3840-83),将大气稳定度分为 A~F 6级,A 为极不稳定,B 为不稳定,C 为弱不稳定,D 为中性,E 为弱稳定,F 为稳定。为便于归类计算,将大气稳定度级别换算成相应的相对值,两者的关系如表1所示。PS 法只需使用地面气象观测资料中总云量、低云量、10米高空风速并结合观测时的太阳高度角就可以计算出任一地点任何时刻的大气稳定度等级。计算分两个步骤进行,首先据云量和太阳高度角确定太阳辐射等级,由于本研究所用的电码资料将云量7成、8成归为一类,

^① 由国家重点基础研究发展规划项目“首都北京及周边地区大气、水、土环境污染机理与调控原理”,G1999045700 资助

所以这里对原方法计算表略作修正,具体内容见表2。

表1 对应于大气稳定度等级的相对值

稳定度等级	A	A~B	B	B~C	C	C~D	D	D~E	E	E~F	F
相对值	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6

表2 太阳辐射等级

总云量低云量	夜间	$h_{\theta} \leq 15^\circ$	$15^\circ < h_{\theta} \leq 35^\circ$	$35^\circ < h_{\theta} \leq 65^\circ$	$h_{\theta} > 65^\circ$
$\leq 4 \leq 4$	-2	-1	+1	+2	+3
$5 \sim 6 \leq 4$	-1	0	+1	+2	+3
$\geq 7 \leq 4$	-1	0	0	+1	+1
$\geq 7 \sim 6$	0	0	0	0	+1
$\geq 8 \geq 7$	0	0	0	0	0

h_{θ} : 太阳高度角

其中太阳高度角 h_{θ} 使用下式计算:

$$h_{\theta} = \arcsin(\sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos\omega) \quad (1)$$

式中 ϕ 为纬度; δ 为太阳倾角, 可以从天文年历中查到; ω 为时角, 其算式为:

$$\omega = (t - 12) \times 15 \quad (2)$$

其中 t 为观测时间(北京时)。

然后, 根据太阳辐射等级和地面风速便可确定任一时刻的大气稳定度等级了。原分类法规定阴天条件下不论白天、黑夜大气稳定度均属中性(D类), 但焦敦基等人的研究^[5]表明, 白天即使有厚云阻挡日辐射, 地面仍然受热, 而夜间地面始终是冷却的, 为此, 在阴天状况下, 将白天的大气稳定度定为C类, 夜间仍为D类。另外, 原分类法划分的地面风速级别将风速精确到 $0.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 如第2、第3、第4风速级别分别为 $2.0 \sim 2.9$ 、 $3.0 \sim 4.9$ 、 $5.0 \sim 5.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 由于常规地面气象观测中风速只取整数, 当风速测值为3或 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 无法判定其所属的风速级别。鉴于此情, 本研究根据风速实测值将风速级别定为7级, 修正后的大气稳定度相对值判别表见表3。

本研究使用国家气象中心要素库北京地区2000年11月至2001年4月逐日8个时次的总云量、低云量和地面风速资料, 经计算后获得相应时段逐日逐时次的大气稳定度相

对值序列。

表3 大气稳定度相对值

地面风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	太阳辐射等级					
	+3	+2	+1	0	-1	-2
0~1	1	1.5	2		5	6
2	1.5	2	2.5	3	5	6
3	2	2.5	3	(白天)	4.5	5.5
4	2.5	3	3.5		4	5
5	3	3.5	4	4	4	4.5
6	3	4	4	(夜间)	4	4
≥ 7	3	4	4		4	4

2 冬春季节北京地区大气稳定度的日变化和月际变化

2.1 日变化

表4给出了北京地区2000年11月至2001年4月逐月平均各时次大气稳定度相对值。从中不难看出, 大气稳定度的日变化特征十分明显, 各月夜间稳定度相对值(以下简称相对值)普遍在5.0以上, 12月最大, 3月其次, 各月之间差别不大; 中午前后(11~14时)相对值基本在3.0以下, 各月差别也不大, 4月份相对值稍大, 与其时风速较大、云量较多有关; 以上数据表明, 夜间大气层结总体趋于稳定, 而中午前后则维持不稳定状态。日出后(08时)、日落前(17时)处于稳定和不安定的交替过程中, 相对值的月际变化比较显著, 最大值均出现在12月, 分别为4.4和4.2, 最小值分别出现在3月和4月, 相对值为2.8和3.4。

表4 北京地区2000年11月至2001年4月逐月各时次平均大气稳定度相对值

月份	02时	05时	08时	11时	14时	17时	20时	23时
11	5.1	5.2	4.3	2.8	2.9	4.0	5.2	5.3
12	5.5	5.5	4.4	2.8	3.0	4.2	5.4	5.4
1	5.1	5.1	4.0	2.8	3.0	4.0	5.1	5.2
2	5.2	5.3	3.8	2.6	3.0	3.8	5.3	5.2
3	5.4	5.4	2.8	2.6	3.0	3.8	5.3	5.2
4	5.2	5.0	3.0	3.1	3.1	3.4	4.9	5.0

2.2 月际变化

为了表示不同稳定度状况在各月所出现的频率, 现将相对值分成3个档次, 即 ≥ 4.5 表示稳定, $3.5 \sim 4$ 表示中性, ≤ 3 表示不稳定。各月相应的频率分布如图1所示, 三者

相比较,各月稳定频率除4月外始终最高,说明冬春季节大气层结以稳定为主导。从各月的变化来看,12月处于稳定状态的频率最高达55%,其余各月依次递减,至4月稳定频率降为35%;反之,不稳定频率以12月为最低(27%),其余月份逐步提高,4月不稳定频率达35%,与稳定频率持平。中性频率亦以12月最低(18%),随后呈上升趋势,4月达30%。以上事实表明,从隆冬到春季,随着太阳高度角的增大,大气层结从稳定型为主逐渐向中性及不稳定型为主过渡。

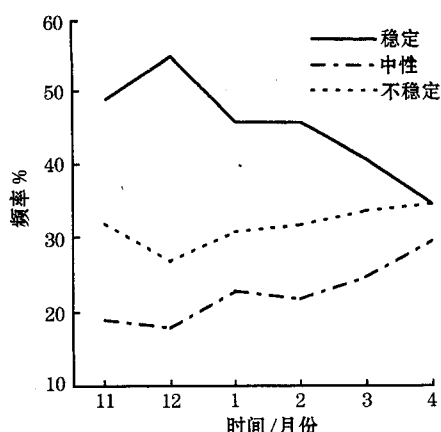


图1 北京地区2000年11月~2001年4月大气层结稳定、中性、不稳定的频率变化

3 长稳定过程分析

有关研究证实^[6,7], SO_2 、 NO_x 等污染物浓度与大气稳定度密切相关,严重的大气污

染事件往往伴随持续时间较长的大气稳定过程,为此,我们从上述6个月的相对值序列中依据一定的方法和指标挑选若干长稳定过程,以期发现这些过程在不同月份的分布状况,并为今后开展典型污染个例的气象条件分析创造条件。

为了充分反映相对值序列的日际变化趋势,我们对序列做8时次滑动平均,以便消除不同时次相对值的日变化影响,然后在此滑动平均序列(图略)中挑选平均值 ≥ 4.5 且持续时间达24小时或以上的过程,称之为长稳定过程。

表5列出了这些过程的起止时刻和历时。在这6个月间,共挑出长稳定过程24次,各月分布不均,11月有6次,12月、1月、2月各5次,3月仅1次,4月有2次。历时48小时以上的长稳定过程共有5次,其中11月、12月各占2次,1月占1次,2~4月未见。在所有长稳定过程中,历时最长的两次过程均出现在12月,达165小时和117小时;11月、1月历时最长的过程分别为102和90小时,其余各月的最长过程均在45小时以下。从各月长稳定过程所占时间比例来看,12月最大达52%,其下依次为11月(41%)、1月(33%)、2月(19%)、4月(9%),3月最小,仅为3%。

表5 北京地区2000年11月至2001年4月长稳定过程起止时间和持续时间

序号	起止时间/月.日.时	持续时间/小时	序号	起止时间/月.日.时	持续时间/小时
1	11.1.11~11.3.05	42	13	1.10.14~1.12.11	45
2	11.4.05~11.5.11	30	14	1.12.20~1.16.14	90
3	11.10.11~11.14.17	102	15	1.26.11~1.27.14	27
4	11.20.05~11.21.08	27	16	1.28.11~1.30.08	45
5	11.21.14~11.23.08	42	17	2.1.08~2.2.11	27
6	11.27.05~11.29.08	51	18	2.6.20~2.8.14	42
7	12.3.11~12.8.08	117	19	2.8.23~2.10.11	36
8	12.10.08~12.18.05	165	20	2.15.08~2.16.17	33
9	12.20.08~12.22.05	45	21	2.20.08~2.21.14	30
10	12.24.17~12.25.17	24	22	3.13.23~3.14.23	24
11	12.29.14~12.31.05	39	23	4.13.11~4.14.20	33
12	1.2.11~1.4.02	39	24	4.20.11~4.21.17	30

4 结 论

(1)大气稳定度是反映大气温度垂直分布的重要参量,与大气的严重污染程度关系密切。

(2)本文根据地面气象观测资料计算的大气稳定度相对值,能比较客观地反映大气稳定度的日变化和月际变化特征。

(3)北京地区冬、春季节夜间大气层结总体稳定,中午前后常维持不稳定状态,日出后、日落前为过渡阶段。

(4)从隆冬到春季,大气层结总体从稳定向中性及不稳定过渡,但这种变化主要体现在日出后和日落前的时段,夜间和中午前后的稳定度并无明显的月际变化。

(5)2000年11月至2001年4月,北京地区共出现持续时间为24小时以上的长稳定过程24次,11~2月每月出现5~6次,3月、4月每月出现1~2次;持续时间为48小

时的长稳定过程共出现5次,11月、12月各2次,1月1次。

参考文献

- 1 李宗恺,潘云仙,孙润桥.空气污染气象学原理及应用.北京:气象出版社,1985:19~23.
- 2 王润鹿,杜行远,李洪珍等.实用污染气象学.北京:气象出版社,1981:98~105.
- 3 北京气象局气候资料室.北京城市气候.北京:气象出版社,1992:121~123.
- 4 周淑贞,束炯.城市气候学.北京:气象出版社,1994:100~105.
- 5 中国科学院大气物理研究所.上海宝山钢铁总厂环境影响报告书.1987:50~56.
- 6 廖代强,马力.重庆重污染日的气象条件个例分析.城市气象服务科学研讨会学术论文集.北京:中国气象学会,2001:134~135.
- 7 王长友,朱玉强,邵莹.天津城市空气污染预报.城市气象服务科学研讨会学术论文集.北京:中国气象学会,2001:353~356.

Variation Features of Atmospheric Stable Degree in Winter and Spring over Beijing Area

Yang Xianwei Ye Dianxiu Ma Tianjian

(National Climate Center, Beijing 100081)

Wang Wanlin

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

According to the daily and hourly data of recent surface conventional observation in winter and spring over Beijing, the relative value series of atmospheric stable degree was calculated with revised Pasquill classified method. Based on the relative value series of atmospheric stable degree, the distribution characteristics of atmospheric stable degree are analyzed in intramonth and day. Several long stable processes which persisted for a longer time are divided.

Key Words: Beijing area atmospheric stable degree long stable process