

陕西省大气稳定度分布特征研究

陈建文, 胡琳, 王娟敏, 吴素良, 王琦, 张文静

(陕西省气候中心, 西安 710014)

摘 要:根据陕西省 97 个气象台站 2006—2011 年逐时气象观测资料进行陕西省大气稳定度分类,统计计算各站四季及年不稳定类、稳定类和中性类稳定度出现的频率,利用 GIS 系统分别绘制关中区域分布图,分析了四季及年三大类稳定度出现频率的区域分布特征。结果表明稳定类和不稳定类均以秦岭腹地中西部和关中盆地中西部出现的频率为最高,其次是渭北及陕北黄土高原区,宝鸡西南部的凤县和太白,汉中市及安康西南部出现的频率较低;中性类明显以宝鸡西南部秦岭山区的凤县、太白,陕南汉中和安康西南部出现的频率为最高,关中盆地中西部和渭北东部最少;冬季稳定类出现频率最高,秋季次之,夏季最低;夏季不稳定类出现频率最高,春季次之,冬季最低;中性类以秋季为最高,夏季次之,冬、春季最少;不稳定类出现频率高的区域,稳定类出现频率亦高。

关键词:陕西省; 大气稳定度; 分布特征

中图分类号:P404

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)03-0299-06

Distribution Characteristics of Atmospheric Stability in Shaanxi Province

CHEN Jian-wen, HU Lin, WANG Juan-min, WU Su-liang, Wang Qi, ZHANG Wen-jing

(Shaanxi Provincial Climate Center, Xi'an 710014, China)

Abstract: Atmospheric stability was classified according to hourly observation of the 97 meteorological stations in Shaanxi Province from 2006 to 2011, frequency of occurrence of each station four seasons and years of instability, stability class, and neutral stability was calculated, regional maps of the Guanzhong area was drawn using GIS system, the distribution characteristics of the three categories of stability in seasonal and annual frequency was analyzed. Result show that the highest frequency of stable the class and unstable class are in the Qinling hinterland Midwest and Guanzhong Basin Midwest, followed by Weibei Loess Plateau, northern Shaanxi, Fengxian and Taibai county; Hanzhong City and Ankang southwest are lower frequency. The highest frequency of neutral class significantly are in Fengxian and Taibai county which situated in Baoji southwest Qinling Mountain, Hanzhong and Ankang southwest, The least frequency are in Guanzhong Basin Midwest and eastern Weibei. For stable class, winter appear most frequently, followed by autumn, and lowest in summer; For summer appear the highest frequency, followed by spring, lowest in winter; For the neutral class, the highest frequency appear in autumn, followed in summer, winter and spring is minimum. The high-frequency region of unstable class also are the region which have high-frequency of stable class.

Key words: Shaanxi Province; atmospheric stability; distribution characteristics

在经济快速发展的今天,环境污染已经受到人们的高度重视,其中,大气环境因其与人类生活密切相关而引起各国政府的高度重视,大气环境保护问题越来越受到气象和环保工作者的普遍关注,成为当前迫切需要解决的环境问题之一^[1-2]。有研究表明,空气的质量主要取决于大气的扩散能力,其中大气结构稳定度是决定大气扩散能力的主要热力因子,是反映气

温垂直分布的重要参数和决定混合层厚度的最主要因子^[3-6],稳定度类别划分正确与否直接影响各类烟羽扩散模式计算结果,因此研究稳定度的变化特征至关重要也是进行大气污染预测的重要参数^[7]。我国学者在大气稳定度方面已经开展了大量的研究工作^[8-10],但对陕西的研究尚属少见。本文拟通过研究陕西省 2006—2011 年月、季和年三大类稳定度分布

特征,反映不同区域大气垂直扩散能力,以满足研究区域大气扩散和大气污染特征分析的需要,以及大气环境污染预测评价的需要,为大气环境规划和环境治理提供科学依据。

1 资料来源与方法

1.1 资料来源

本文选取陕西省 10 个设区市 97 个地面气象观测站 2006—2011 年具有完整的自动气象站观测记录且均无迁站或站址变化的每日逐时气象资料进行计算分析,基本站和一般站云量采用内插法补全。

1.2 稳定度分类方法

大气稳定度判定方法常用的有莫宁—奥布霍夫长度法、理查逊数法和帕斯奎尔法等^[11-12]。本文采用法规推荐的帕斯奎尔分类法,按风速、总云量、低云量、太阳辐射等级将稳定度分为极不稳定、不稳定、弱不稳定、中性、弱稳定和稳定 6 个等级,分别用 A、B、

C、D、E 和 F 表示^[13-14],利用各气象台站 2006—2011 年地面 10 m 高度 10 min 平均风速(U_{10})、日照量(辐射等级)、总云量和低云量进行逐时稳定度计算分类。具体分类步骤如下:

(1) 太阳高度角的计算:

$$h_0 = \arcsin[\sin\varphi\sin\sigma + \cos\varphi\cos\sigma\cos(15t + \lambda - 300)] \quad (1)$$

式中: φ ——当地纬度; λ ——当地经度; σ ——太阳倾角。

$$\sigma = \frac{180}{\pi} (0.006918 - 0.39912\cos\theta + 0.070257\sin\theta - 0.006758\cos2\theta + 0.000907\sin2\theta - 0.002697\cos3\theta + 0.001480\sin3\theta) \quad (2)$$

式中: $\theta = \frac{360}{365}d_n$, d_n ——一年中日期序数(0, 1, 2, ..., 364); t ——观测时北京时间。

(2) 太阳辐射等级的确定:太阳辐射等级利用某时刻的总云量、低云量和太阳高度角由表 1 确定。

表 1 太阳辐射等级

总云量/低云量 (1~10)	混合层高度取值范围				
	$h_0 \leq 0^\circ$	$0^\circ < h_0 \leq 15^\circ$	$15^\circ < h_0 \leq 35^\circ$	$35^\circ < h_0 \leq 65^\circ$	$h_0 > 65^\circ$
$\leq 4/\leq 4$	-2	-1	+1	+2	+3
$5 \sim 7/\leq 4$	-1	0	+1	+2	+3
$\geq 8/\leq 4$	-1	0	0	+1	+1
$\geq 5/5 \sim 7$	0	0	0	0	+1
$\geq 8/\geq 8$	0	0	0	0	0

(3) 大气稳定度分类。大气稳定度利用某时刻的太阳辐射等级和地面 10 m 高度平均风速根据表 2 进行分类,“A—B”表示介于 A、B 类之间,与 A、B 类相差半级。

表 2 大气稳定度等级

地面 10 m 高度平 均风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	太阳辐射等级数					
	+3	+2	+1	0	-1	-2
≤ 1.9	A	A—B	B	D	E	F
$2 \sim 2.9$	A—B	B	C	D	E	F
$3 \sim 4.9$	B	B—C	C	D	D	E
$5 \sim 5.9$	C	C—D	D	D	D	D
≥ 6	D	D	D	D	D	D

2 陕西省三大类稳定度区域分布特征

根据稳定度分类,结合 GIS 系统,采用反距离加权法插值,绘制全省四季及年不稳定类(包括 A、B、C 类)、中性 D 类以及稳定类(包括 E、F 类)出现频率等值线分布图,分析三大类稳定度区域分布特征。

2.1 四季及年稳定类区域分布特征

2.1.1 年稳定类区域分布特征 从图 1 可以看出,近 6 a 秦岭腹地中西部、关中盆地中西部、渭北黄土

台塬及陕北绝大部分区域稳定类出现较多,出现频率大致为 41%~55%,其中关中中部的武功、杨凌、西安、户县、长安、临潼和蓝田,陕北的志丹、延长、清涧、靖边和吴堡,以及陕南的汉中城区出现最多,大致为 51%~50%,武功最高为 55.9%;宝鸡西南部秦岭山区、陕南汉中和安康大部分区域最少,出现频率为 21%~35%,华山最小为 21.3%;其余地区为 36%~40%。

2.1.2 四季稳定类区域分布特征 由图 1 可见,春季稳定类以关中盆地中西部、陕北中部黄土高原和秦岭腹地中部出现较多,包括榆林市南部和延安市大部,西安市全部及秦岭山区中部,咸阳市南部和西部,宝鸡中部,以及陕南西部的汉中市區,出现频率为 46%~53%,武功最多;渭南东南部的华山周边、宝鸡西南部秦岭山区、陕南汉中和安康大部分区域较少,为 16%~30%,华山最少;其余地区为 31%~45%。夏季关中盆地中部和渭北东部出现较多,为 41%~50%,武功最高;宝鸡西南部秦岭山区、陕南汉中和安康大部分区域较少,为 17%~25%,凤县最少;其余地区大多为 26%~40%。秋季秦岭腹地中西部、关中盆地中西部、渭北大部和陕北北部大部分区域出现

较多,为 51%~60%,武功最高,其次是吴堡;宝鸡西南部秦岭山区、陕南汉中和安康大部分区域较少,为 17%~30%,其中镇巴最少;其余地区为 31%~50%。冬季秦岭腹地中西部、关中盆地中部的武功、杨凌、户县、周至和蓝田,以及甘泉以北的陕北绝大部

分区域出现较多,为 61%~65%,武功最高;其次是秦岭山区北部、关中盆地西部和陕南的汉中城区,为 56%~60%;宝鸡西南部秦岭山区、陕南汉中和安康大部分区域较少,为 21%~40%,其中华山最少;其余地区为 41%~55%。

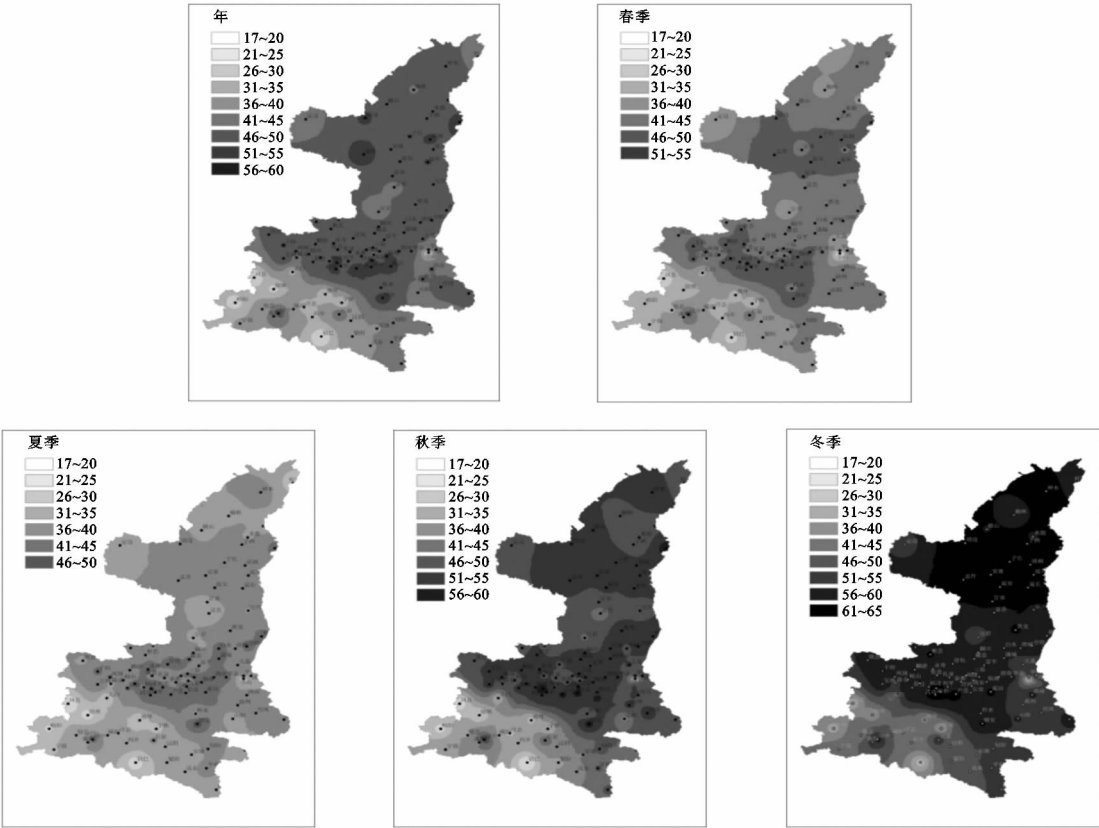


图 1 陕西省近 6 a 全年和四季稳定类平均出现频率分布

2.2 四季及年不稳定类区域分布特征

2.2.1 年不稳定类区域分布特征 图 2 表明,陕西省近 6 a 不稳定类以关中盆地中西部和渭东北部、陕北局部出现相对较多,包括西安市全部,咸阳市西部的武功、杨凌和兴平,宝鸡市城区、千阳和风翔,渭南市区、蒲城、白水、合阳和韩城,延安市的志丹,榆林市的清涧、吴堡和靖边,商洛的镇安,出现频率为 29%~34%,武功最高;宝鸡西南部秦岭山区的风县、太白,陕南汉中和安康西南部出现频率相对较低,为 15%~23%,风县最少;其余地区在 23%~28% 之间。

2.2.2 四季不稳定类区域分布特征 图 2 表明,春、夏季不稳定类以陕南东部、秦岭山区北部、关中及陕北靖边、子洲一线以南出现较多,出现频率为 32%~37%,高值区包括关中盆地中部的武功、杨凌和西安市大部,西部的千阳和风翔,陕北的志丹、延长、清涧、靖边、吴堡和神木,以及商洛市的镇安,大致为 35%~37%,均以武功最高;陕北北部及宝鸡西南部秦岭

山区、陕南汉中和安康大部分区域较少,包括米脂、横山一线以北,宝鸡的风县和太白,汉中城区以外区域及安康西南部的宁陕、汉阴、石泉、紫阳、安康城区、岚皋和镇坪,为 17%~25%,均以风县最小;其余地区为 26%~34%。秋季不稳定类以秦岭以北出现相对较多,为 23%~31%,其中关中盆地中部的西安市全部和咸阳市西南部的武功、杨凌,商洛的镇安,以及渭南东北部的汉城和合阳最多,为 26%~31%,武功最高;陕北北部及定边,宝鸡西南部秦岭山区的风县、太白,陕南汉中和安康大部分区域最少,为 9%~19%,风县最少;其余地区为 20%~25%。冬季以秦岭中部、关中中西部、陕北西部和东部部分区域出现相对较多,包括商洛的镇安,西安市全部,咸阳市西部的武功、杨凌、兴平、乾县、永寿和彬县,宝鸡市秦岭以北区域,延安市城区、甘泉、志丹和宜川,榆林市的清涧、吴堡、米脂和靖边,为 20%~25%,武功最高;宝鸡西南部秦岭山区的风县、陕南的汉中和安康大部出现频率较低,为 9%~16%,镇巴最少;其余地区为 17%~20%。

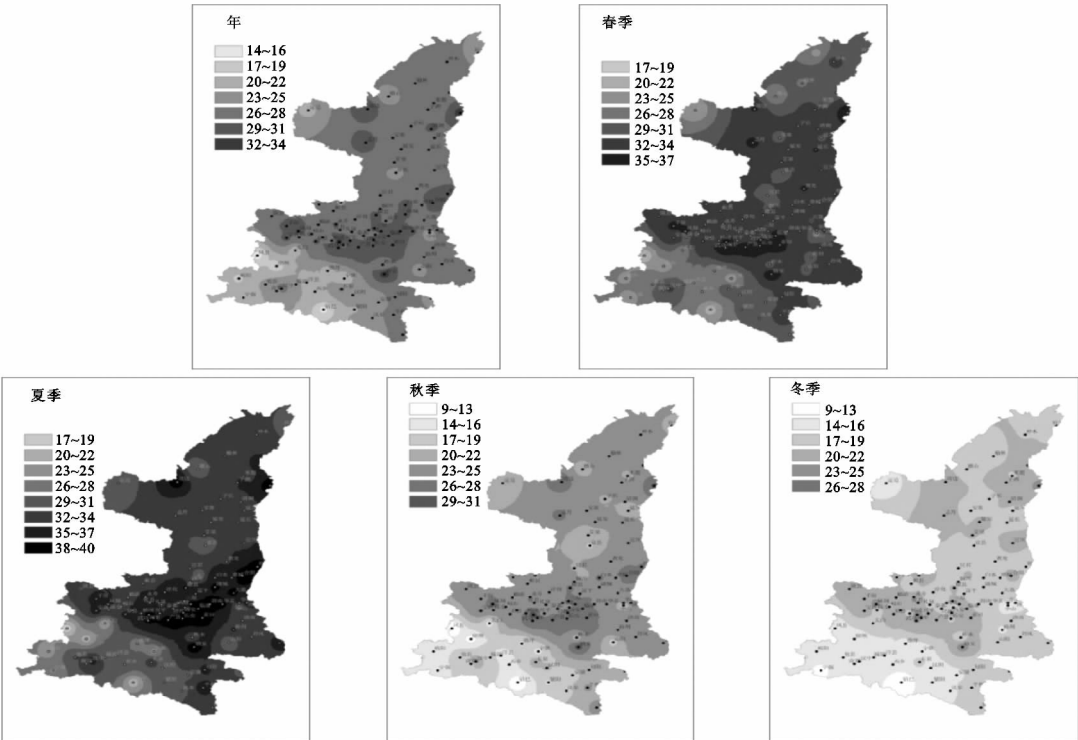


图 2 陕西省近 6 a 全年和四季不稳定类平均出现频率分布

2.3 四季及年中性类区域分布特征

由图 3 可见,陕西省近 6 a 全年和四季中性类明显以宝鸡西南部秦岭山区的凤县、太白,陕南汉中和安康西南部出现频率最高,高值中心为秦岭山区的太白和巴山山区的镇巴,该区域低值中心在汉中城区;关中

盆地中西部 and 渭北东部最少,包括西安市全部,咸阳市西部的武功、杨凌和兴平,宝鸡市城区、千阳、凤翔、麟游、扶风和眉县,渭南市区、蒲城、白水、合阳和韩城,以及商洛的镇安,中心在武功;次小区域在黄土高原,包括延安大部 and 榆林南部;其余区域相差不大。

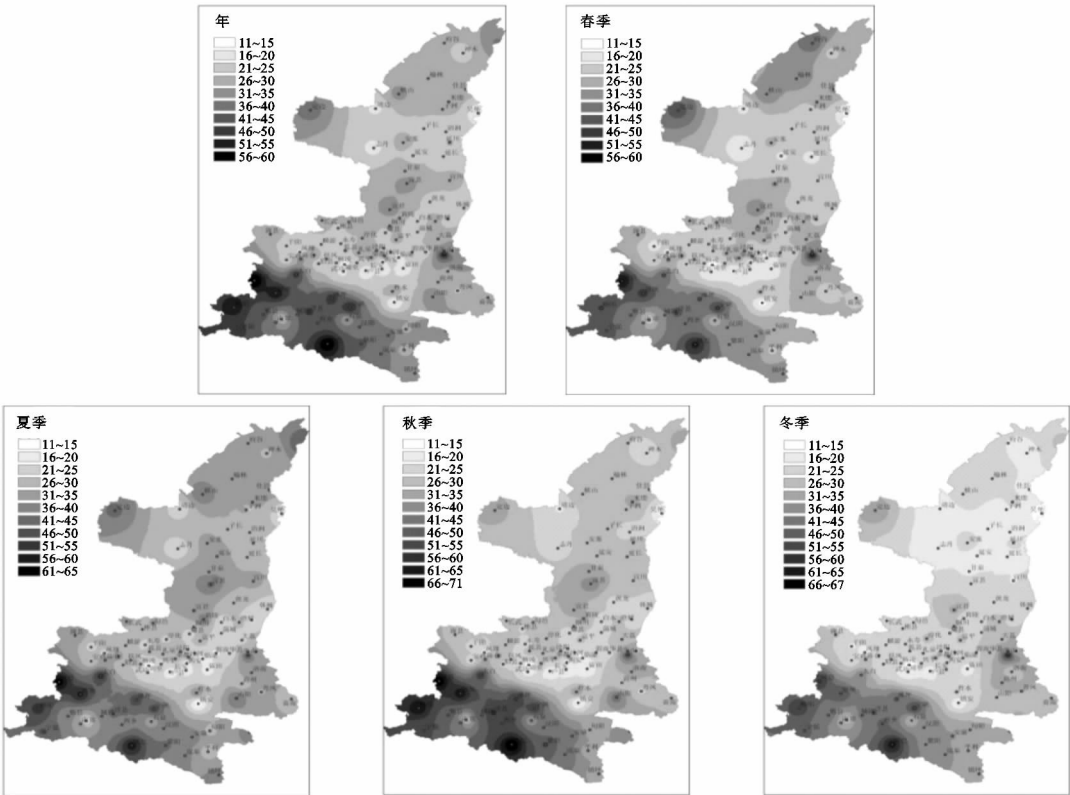


图 3 近 6 a 全年和四季中性类平均出现频率分布

3 陕西不同区域三大类稳定度四季分布特征

根据稳定度区域分布特征和地形及气候特征,将陕西分为陕南、秦岭、关中、渭北、高原及荒漠 6 个区域。陕南指宝鸡西南部秦岭山区的太白和凤县、汉中及安康西部,秦岭指秦岭中东部山区及安康东部,关中指关中盆地中西部,渭北指关中盆地东部及渭北,高原指黄土高原,荒漠指长城沿线风沙区。利用区域内站点四季不同稳定度平均出现频率(表 3),分析各

区域三大类稳定度季节分布特征。

由表 3 可以看出,陕西南部四季中性类天气明显较多,秋季最多,冬季其次,春季最少;稳定类冬季最多,春季其次,夏季最少;不稳定类夏、春季相当,秋季明显减少,冬季最少。其余区域四季稳定类天气明显较多,其中冬季最多,秋季其次,夏季最少;不稳定类夏季最多,春季其次,秋季明显减少,冬季最少;中性类秦岭和关中夏季略多,秋季其次,春季最少,渭北、黄土高原和长城沿线风沙区夏季最多,秋季其次,冬季最少。

表 3 不同区域四季三大类稳定度出现频率 %

站名	春季			夏季			秋季			冬季		
	不稳定类	中性类	稳定类	不稳定类	中性类	稳定类	不稳定类	中性类	稳定类	不稳定类	中性类	稳定类
陕南	26.4	38.5	35.2	27.5	42.6	29.9	15.9	51.0	33.1	14.1	43.1	42.8
秦岭	32.0	25.5	42.5	33.3	30.5	36.2	22.4	30.5	47.0	18.1	27.3	54.6
关中	34.2	19.5	46.3	36.6	22.5	40.9	25.7	21.5	52.8	20.2	20.6	59.2
渭北	32.1	25.3	42.6	34.7	26.7	38.6	23.7	25.9	50.4	18.4	24.4	57.2
高原	32.5	22.4	45.1	33.6	28.9	37.5	23.0	26.0	51.0	19.2	18.8	62.0
荒漠	28.7	30.5	40.9	31.8	34.6	33.6	22.8	27.8	49.4	18.0	26.8	55.2
平均	31.0	26.9	42.1	32.9	31.0	36.1	22.3	30.5	47.3	18.0	26.8	55.1

4 讨论

不稳定类出现在太阳高度角在 15°以上的晴天午间,用来反映白天大气的垂直扩散能力,其出现频率越高,越有利于大气污染物的垂直扩散;稳定类出现在太阳高度角在 15°以下日落后至日出前后,主要反映夜间大气垂直扩散能力,其出现频率越高,则越不利于大气污染物的垂直扩散;中性类则代表垂直扩散能力介于前两者之间的大风或阴、雨天,其出现频率越高,表明大风或阴、雨天天气频繁。

从四季和年稳定度区域分布特征来看:关中盆地中部白天稳定类和夜间不稳定类出现的频率均为最高,而宝鸡西南部秦岭山区的太白和凤县、以及陕南西南部的汉中和安康大部白天稳定类和夜间不稳定类出现的频率均最低。春、夏季西南暖湿气流占主导,并不断北上,由于秦岭山地的阻隔,关中盆地中部不易受到暖湿气流的影响,风速较小,垂直气流和湍流活动较弱,大气垂直扩散能力也最弱,成为大气污染物易堆积区域;秋、冬季西北干冷气流占主导,并不断南下,但受到黄土高原的抬升作用和摩擦作用,加之秦岭山地的阻隔,处于秦岭北麓地势较低的关中盆地也不易受其影响,稳定类出现频率依然较高。中性类明显以宝鸡西南部秦岭山区的凤县、太白,陕南汉中和安康西南部出现的较多,关中盆地中西部和渭北东部较少,次少区域在黄土高原,其余区域相差不大,

这与不同区域阴、雨、大雾等天气分布特征相一致。

比较四季及全年稳定度出现的频率发现:稳定类冬季出现频率明显最高,秋季次之,夏季最低;不稳定类夏季最多,春季次之,冬季最少;中性类秋季最多,夏季次之,冬、春季最少;A 类仅出现在 4—8 月,秋、冬季不出现。冬季太阳回到北回归线以南,同其它季节一天中白天同一时刻相比,太阳高度角较小,太阳辐射弱且时间短,地面接收太阳辐射强度和时间均较少,近地层大气垂直气流和湍流活动较弱,稳定类天气出现较多,大气污染物不易扩散。春季太阳逐渐北上,太阳高度角逐渐升高,日照强度和时间逐渐增长,随着地面辐射升温,湍流活动逐渐旺盛,不稳定类天气逐渐增多,大气垂直扩散能力逐渐增强。夏季太阳回归北半球中纬度地区,太阳高度角较高,太阳辐射强度和时间为四季最长,近地面强烈的辐射升温,大气垂直气流和湍流活动异常旺盛,不稳定类天气较多,大气垂直扩散能力也强,特别是夏季 6—7 月,故夏季空气质量最好。秋季太阳开始南下,太阳高度角逐渐降低,日照强度和时间逐渐减少,垂直气流和湍流活动逐渐减弱,稳定类天气逐渐增多,大气垂直扩散能力也逐渐减弱。

不稳定类出现频率高的区域,稳定类出现频率亦高。不稳定类主要出现在晴朗的白天,云量较少,日照强烈,风速较小,夜间随着下垫面快速降温,接地逆温出现频繁,多为稳定 E 类和 F 类天气。

5 结论

(1) 不稳定类和稳定类分布具有相似性,不稳定类出现频率高的区域,稳定类出现频率亦高,均以秦岭腹地中西部 and 关中盆地中西部为最高,中心在武功,表明该区域白天大气垂直扩散能力较强,夜间较弱,其中关中盆地中部为该区域白天扩散主要辐散区和夜间辐合区;其次是渭北及陕北黄土高原区;宝鸡西南部的凤县和太白,汉中市以外区域及安康西南部的宁陕、汉阴、石泉、紫阳、安康城区、岚皋和镇坪出现的频率较低,中心在凤县和镇巴,表明该区域白天大气垂直扩散能力较弱,夜间较强,其中汉中市为该地区白天扩散辐散区和夜间辐合区;中性类明显以宝鸡西南部秦岭山区的凤县、太白,陕南汉中和安康西南部出现频率为最高,关中盆地中西部和渭北东部最少,次少区域在黄土高原,其余区域相差不大,与各地区气候特征相一致。

(2) 稳定类冬季出现频率最高,秋季次之,夏季最低;不稳定类夏季出现频率最高,春季次之,冬季最低;中性类秋季出现频率最高,夏季次之,冬、春季最少。这也是冬季污染严重的主要原因之一。

参考文献:

- [1] 张孟,林琳,张子宜. 长春市空气质量污染特征分析与防治对策[J]. 气象与环境学报,2009,25(3):57-61.
- [2] 冯建军,沈家芬,梁任重,等. 广州市 PM10 与气象要素

(上接第 298 页)

(2) 不同层位的 HM_i/HM_c 和 $(HM_i + HM_c)/HM$ 表现各异。 HM_i/HM_c 多数层位 < 1 , 并集中在 1 附近, A 层仅为 (0.65 ± 0.02) , 但 D、M、P 层却都超过了 4; $(HM_i + HM_c)/HM > 0.5$ 的共有 4 层, 其中 3 层为顺序连续的 3 个层位; A 层的 $(HM_i + HM_c)/HM$ 仅为 (0.36 ± 0.01) , 表明现代生草层 HM 不溶性组分含量比可溶性组分高。

(3) A 层 HM_i 、 HM_c 的结构最为简单, HM_i 的结构在 P 层最为复杂, HM_c 在 M 层可能较除 A 层以外的各层简单。

参考文献:

- [1] 熊毅. 土壤胶体[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [2] Rice J A. Humins[J]. Soil Science, 2001, 166(11): 848-857.
- [3] Rice J A, Mac C P. A model of humin[J]. Environ. Sci. Technol., 1990, 24(12): 1875-1877.
- [4] Preston C M, Newmen R H. Demonstration of spatial

的关系分析[J]. 中国环境监测, 2009, 25(1): 78-82.

- [3] 张德华, 李晓忠, 侯祺棕. 城市大气稳定度分级模型的研究[J]. 武汉理工大学学报, 2011, 23(1): 63-66.
- [4] 杨静, 李霞, 李秦, 等. 乌鲁木齐近 30a 大气稳定度和混合层高度变化特征及与空气污染的关系[J]. 干旱区地理, 2011, 34(5): 747-752.
- [5] 孟庆珍, 林安民. 重庆近 11 年大气混合层厚度研究[J]. 重庆环境科学, 1994, 16(4): 12-16.
- [6] 廖国莲. 大气混合层厚度的计算方法及影响因子[J]. 中山大学研究生学刊: 自然科学医学版, 2005, 26(4): 66-73.
- [7] 杨勇杰, 谈建国, 郑友飞, 等. 上海市近 15a 大气稳定度和混合层厚度的研究[J]. 气象科学, 2006, 26(5): 536-541.
- [8] 蔡新玲, 吴素良, 王繁强, 等. 西安市近 10 年大气稳定度和边界层厚度特征[J]. 气象科技, 2007, 35(6): 814-817.
- [9] 叶堤, 王飞, 陈德蓉. 重庆市多年大气混合层厚度变化特征及其对空气质量的影响分析[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(4): 41-44.
- [10] 程水源, 张宝宁, 白天雄, 等. 北京地区大气混合层高度的研究及气象特征[J]. 气象科学丛刊, 1992, 13(4): 46-52.
- [11] 陆雍森. 环境评价[M]. 2 版. 上海: 同济大学出版社, 2002.
- [12] 刘强. 大气污染物扩散中稳定度判定方法概述[J]. 干旱气象, 2011, 29(3): 355-361.
- [13] 陆雍森. 环境评价[M]. 上海: 同济大学出版社, 1999, 236-237.
- [14] 胡毅, 李萍, 杨建功, 等. 应用气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2005.

heterogeneity in the Organic matter of de-ashed humin samples by Solid-state ^{13}C CPMAS NMR[J]. Can. J. Soil Sci., 1992, 72(1): 13-19.

- [5] 梁重山, 党志. 土壤有机质提取方法的研究进展[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(1): 58-61.
- [6] Stevenson F J. 腐殖质化学[M]. 夏荣基, 译. 北京: 北京农业大学出版社, 1994: 278-279.
- [7] 张志春, 张晋京, 潘根兴, 等. 下拉秀剖面有机碳赋存特征[J]. 水土保持学报, 2012, 26(3): 174-179.
- [8] 李凯, 窦森. 不同类型土壤胡敏素组成的研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(3): 116-119, 157.
- [9] 窦森. 土壤有机质[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [10] 徐建民, 袁可能. 土壤有机矿物质复合体研究: VII. 土壤结合态腐殖质的形成特点及其结合特征[J]. 土壤学报, 1995, 32(2): 151-158.
- [11] 窦森, 肖彦春, 张晋京. 土壤胡敏素各组分数量及其结构特征初步研究[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 934-940.
- [12] 侯淑艳. 土壤添加有机物料后温度和水分对胡敏素形成转化和结构性质的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2007.