

西安市典型功能区空气小离子浓度分布特征与评价

李彦鹏¹, 张乾隆², 周海博¹

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 陕西科技大学 资源与环境学院, 陕西 西安 710021)

摘要: 利用 DLY-2G 型空气离子测量仪对西安市休闲度假区、文教区、交通区和工厂区等 4 个典型功能区夏季与秋季空气小离子的数密度进行了实测, 研究了西安市不同功能区空气小负离子与小正离子的时空变化规律, 并对不同功能区的空气质量进行评价。结果表明, 西安市典型功能区空气小离子的数密度日变化显著且各有特点, 主要呈单峰或双峰形式; 不同功能区夏季空气小离子的数密度普遍比秋季高; 各功能区空气小离子的数密度分布差异很大, 休闲度假区小负离子的数密度在夏秋两季均明显高于其他功能区; 与空气离子单极系数评价指标相比, 空气离子评价指数能更准确地反映区域空气清洁度。

关键词: 空气离子; 功能区; 单极系数; 评价指数; 空气质量; 数密度

中图分类号: P427.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)03-0297-05

Distribution Characteristics and Assessment of Minor Air Ion Concentration in Typical Functional Areas of Xi'an

LI Yan-peng¹, ZHANG Qian-long², ZHOU Hai-bo¹

(1. School of Environmental Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. School of Resource and Environment, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract Number density of minor air ion in four typical functional areas (leisure resort, district of culture and education, traffic area and factory district) of Xi'an was measured in summer and autumn by DLY-2G air ion monitor. Spatial-temporal variations of number density of minor air cation and anion in different functional areas were studied and then air quality was assessed. The result showed that daily variations of number density of minor air ion in typical functional areas of Xi'an were significant and diverse from each other, and appeared one-peak or double-peak curve; number density of minor air ions was higher in summer than that in autumn; distribution of number density of minor air ions was very different among the functional areas, number density of minor air anion was highest in leisure resort; compared with the method of polarity ratio, air ion assessment index was more reasonable to indicate air cleanliness.

Key words: air ion; functional area; polarity ratio; assessment index; air quality; number density

0 引言

环境空气在辐射、受热或强电场的作用下会发生电离, 从而形成带电荷的正离子和负离子^[1]。由于其荷电性质, 空气负离子易与气态污染物及气溶胶结合形成大离子而失去活性或沉降, 致使空气负离子浓度降低以及出现正、负离子的局部不平衡,

最终使环境空气得到净化。因此, 空气负离子的浓度水平已成为衡量一个区域空气质量好坏的重要指标之一^[2]。

近年来, 中国许多城市都开展了对空气负离子的研究^[3-10], 主要侧重于自然与人工环境中空气负离子本底水平的测定、森林空气负离子及生态旅游资源开发等方面。由于城市之间地域差异、生态差异

收稿日期: 2009-10-23

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(108116); 西安市科学技术计划项目(YF07195); 中央高校基本科研业务费专项项目(CHD2009JC011)

作者简介: 李彦鹏(1973-)男, 陕西泾阳人, 教授, 工学博士, 从事大气环境与空气污染控制研究。E-mail: liyanp01@chd.edu.cn

以及环境因子对空气离子浓度交叉影响等原因,往往研究结论差异较大,不具有普遍指导性。因此,从西安市城市发展上来说,开展并重视西安市空气离子的研究对于西安城市生态结构布局、功能结构规划和环境保护具有重要的现实意义。鉴于此,笔者通过对西安市不同功能区进行小空气离子野外测量,初步确定功能区内空气小离子的数密度时空分布特征,并探索利用空气小离子评价空气质量的指标体系,为西安市的空气质量研究提供一种新的思路与研究方法。

1 研究方法

1.1 监测点选择

以西安市休闲度假区、文教区、交通区和工厂区这 4 类典型功能区为研究对象。休闲度假区选择在长安区常宁宫,文教区选择在长安大学本部校园,交通区选在南二环与长安路十字,工厂区选在西郊热电厂内(图 1)。

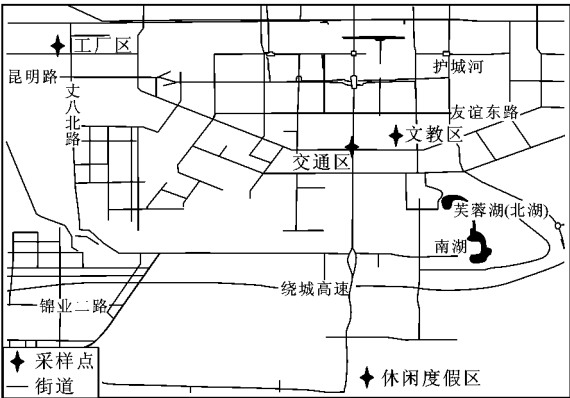


图 1 西安市典型功能区监测点位置

Fig. 1 Location of Observing Sites in Typical Functional Areas of Xi'an

1.2 监测仪器

监测仪器采用 DLY-2G 型空气离子测量仪。该仪器可测量正、负离子的数密度,测量范围为 $10\text{ 个}/\text{cm}^3$ 到 $1.999\times 10^9\text{ 个}/\text{cm}^3$,最高分辨率为 $10\text{ 个}/\text{cm}^3$,响应时间常数为 15 s 。采用 AZ8901 型手持式电子风速仪测定风速,采用 TES1364 温湿度计测定空气温度与相对湿度。

1.3 测试方法

实验以月为单位,每月选取连续晴好的天气分别在不同测点测试,从 8:00 到 19:00 每隔 1 h 测量 1 次。测量时,仪器放置在离地约 100 cm 处,从整点开始在最短时间内测量东、西、南、北 4 个方向小

离子的数密度,各方向读取 3 个稳定值,然后取平均值作为该测点的空气小离子的数密度。

2 结果与分析

测定结果发现,西安市空气小离子在大气中的时间与空间分布都不均匀,时间上有明显的日变化。笔者以 5~7 月份为夏季代表月,8~10 月份为秋季代表月,利用 6 个月的空气小离子测量数据来分析研究西安市不同功能区夏秋两季空气小离子的数密度水平及变化规律。

2.1 夏季空气小负离子浓度日变化

图 2 为西安市休闲度假区、文教区、交通区和工厂区夏季小负离子的数密度在 12 h 内的变化情况。实验测试区内空气小负离子的数密度日变化各有特点。休闲度假区小负离子的数密度在 13:00 和 16:00 时出现较明显的峰值,全天最大值为 $657\text{ 个}/\text{cm}^3$,最小值为 $480\text{ 个}/\text{cm}^3$ 。文教区、工厂区和交通区并没有较明显的峰值出现,离子的数密度变化较小,大值多出现在上午,下午浓度偏低。另外,4 个功能区夏季空气小负离子的数密度平均值分别为 553、256、198、206 $\text{个}/\text{cm}^3$ 。不同功能区浓度水平由大到小依次是休闲度假区、文教区、交通区、工厂区。其中,文教区空气小离子的数密度略高于工厂区和交通区,交通区与工厂区差别较小,但都明显低于休闲度假区。这样的空间分布差异,一方面是因为文教区、工厂区和交通区均处于城区,而休闲度假区处于郊区,城区人流、车流明显高于郊区,使得大气气溶胶粒子的密度增大,致使空气小负离子损失消耗增多;二是市区下垫面多为水泥、沥青,阻隔了由土壤辐射引起的小负离子生

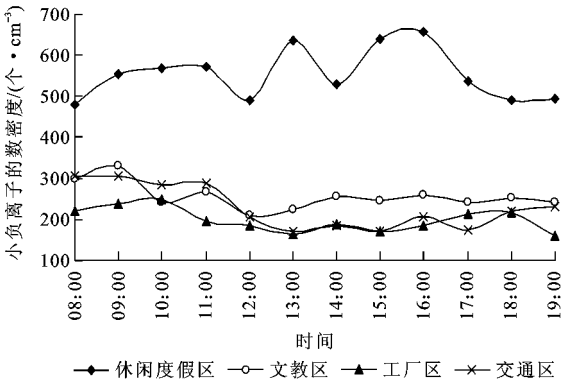


图 2 夏季空气小负离子的数密度日变化趋势

Fig. 2 Daily Variation of Number Density of Minor Air Anions in Summer

成;三是休闲度假区绿化完善,植物尖端放电和呼吸作用所形成的空气小负离子占据重要比例。

2.2 夏季空气小正离子浓度日变化

图 3 显示了西安市 4 个典型功能区夏季空气小正离子的数密度在 12 h 内的变化情况。与图 2 比较发现,除休闲度假区外,其他监测区小正离子的数密度日变化与小负离子的数密度变化规律基本一致,峰值出现时间相同或相近。但是各功能区在各个时刻,空气小正离子的数密度普遍高于小负离子,二者比值主要集中在 1~1.2。究其原因,虽然自然界中空气小正、小负离子始终处于动态平衡状态,但是由于地面的负极性使得近地面的空气小负离子被排斥,空气小正离子被吸引,因此一般情况下,地面附近小正离子总数多于小负离子。

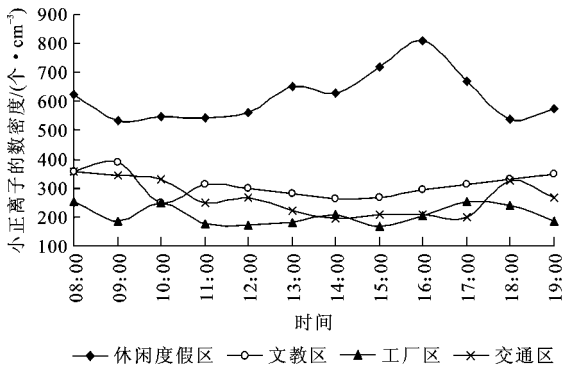


图 3 夏季空气小正离子的数密度日变化趋势
Fig. 3 Daily Variation of Number Density of Minor Air Cations in Summer

2.3 秋季空气小负离子浓度日变化

图 4 为西安市 4 个功能区秋季小负离子的数密度在 12 h 内的变化情况。与图 2 相比,休闲度假区小负离子的数密度变化形式十分相似,峰值分别

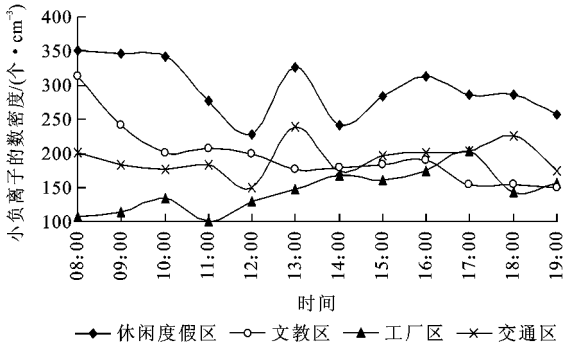


图 4 秋季空气小负离子的数密度日变化趋势
Fig. 4 Daily Variation of Number Density of Minor Air Anions in Autumn

出现在 13: 00 和 16: 00, 最大值为 350 个/cm³, 最小值为 228 个/cm³, 平均值为 295 个/cm³。文教区小负离子的数密度整体呈下降趋势, 在 10: 00 以后各时刻之间变化很小, 全天最大值为 312 个/cm³, 最小值为 149 个/cm³, 平均值为 196 个/cm³。相比夏季, 工厂区小负离子的数密度全天维持在较低水平, 但整体呈现上升趋势, 最大值 204 个/cm³, 最小值 101 个/cm³, 平均值 145 个/cm³。交通区在 13: 00 和 18: 00 出现 2 个波峰, 全天小负离子的数密度整体平稳, 最大值为 239 个/cm³, 最小值为 149 个/cm³, 平均值为 191 个/cm³。4 个功能区秋季空气小负离子的数密度水平由高到低分别为休闲度假区、文教区、交通区、工厂区, 其中度假区空气小负离子的数密度水平明显占优, 工厂区处于最低水平。另外, 与夏季相比, 秋季离子水平整体下降, 主要由于秋季植物落叶, 光合作用减退, 植物放电减弱, 从而形成空气小负离子量明显减少。

2.4 秋季空气小正离子浓度日变化

图 5 为西安市 4 个典型功能区秋季空气小正离子的数密度在 12 h 内的变化情况。与图 3 比较, 交通区离子浓度整体升高, 其他监测点小正离子的数密度整体降低。各区线形峰谷交替趋势显著化。与图 4 相比, 秋季空气小负离子的数密度与小正离子的数密度变化趋势基本吻合, 前者整体小于后者。文教区、工厂区和交通区小离子的数密度变化比较复杂, 波动较多。休闲度假区地处郊外, 自然条件影响下区域本底数值相对稳定; 其他 3 个区影响因素较多, 并且秋季温、湿度变化比夏季要明显很多, 综合作用致使各时间段之间波动较多。

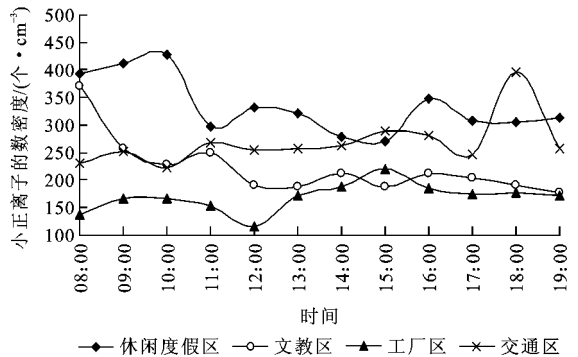


图 5 秋季空气小正离子的数密度日变化趋势
Fig. 5 Daily Variation of Number Density of Minor Air Cations in Autumn

2.5 夏秋两季空气质量评价

对环境空气离子的评价方法, 国内外尚无统一

标准。笔者使用目前最常用的两种空气质量评价指标:单极系数与空气离子评价指数^[11],其表达式分别为

$$q=\frac{n^{+}}{n^{-}}$$

(1)

$$I_{\text{ion}}=\frac{n^{-}}{1\,000q}$$

(2)

式中: q 为单极系数; I_{ion} 为空气离子评价指数;1 000为对人体能产生生物学效应的最低负离子数密度; n^{+} 和 n^{-} 分别为空气正、负离子数密度。按照空气离子评价指数,可将空气质量分为 5 个等级,见表 1^[11-12]。

表 1 空气质量等级标准

Tab. 1 Grade Standard of Air Quality

等级	A	B	C	D	E
清洁度	最清洁	一般清洁	中等清洁	容许	临界
I_{ion} 范围	$I_{\text{ion}} > 1.0$	$0.7 < I_{\text{ion}} \leq 1.0$	$0.5 < I_{\text{ion}} \leq 0.7$	$0.3 < I_{\text{ion}} \leq 0.5$	$I_{\text{ion}} = 0.3$

根据实测的西安市不同功能区夏秋两季小正、小负离子的数密度,可以由式(1)、(2)计算出各功能区的单极系数 q 与空气离子评价指数 I_{ion} ,其日变化见图 6、7。

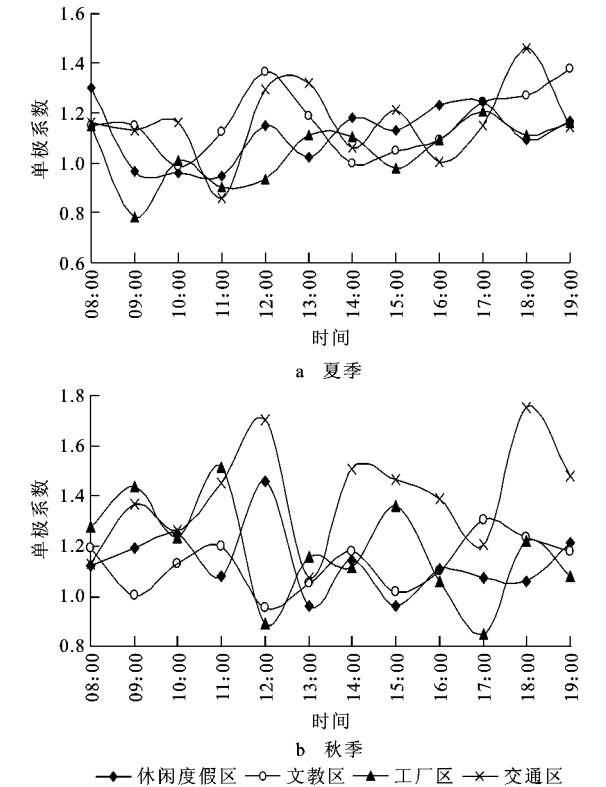


图 6 夏秋两季空气离子单极系数日变化趋势

Fig. 6 Daily Variations of Air Ion Polarity Ratio in Summer and Autumn

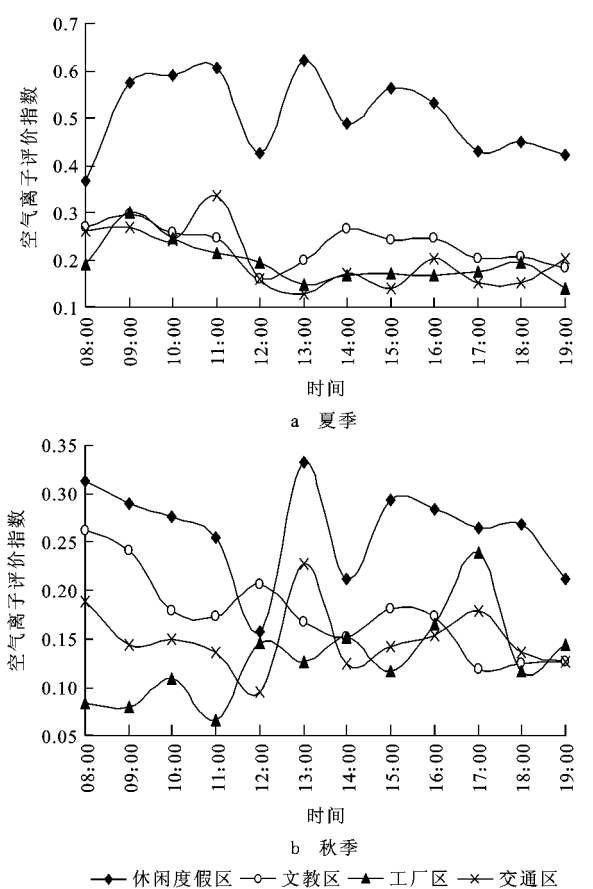


图 7 夏秋两季空气离子评价指数日变化趋势

Fig. 7 Daily Variations of Air Ion Assessment Index in Summer and Autumn

吴楚材等^[13]认为,单极系数 $q < 1$ 时,空气清新舒适,对人体健康有益。图 6a 表明,按照单极系数对空气清洁度评级,则夏季工厂区空气舒适度较高,而其他 3 个功能区几乎没有差别。图 6b 也只能表明交通区空气清洁度较低,而另外 3 个区仍无确定差别,这显然与常理不符。同样对于固定区域,如休闲度假区,若以 1 为分界则无论夏季还是秋季大部分时间该区空气也不能给人以舒适感。可见,采用单极系数 q 对功能区空气质量评价时不一定合适。也有研究者对单极系数评价指标提出了质疑^[14]。

图 7 表明,用空气离子评价指数对空气清洁度评级,夏秋两季由高到低的顺序依次为休闲度假区、文教区、交通区、工厂区。与图 2 比较发现,离子评价指数 I_{ion} 变化趋势与小负离子的数密度变化基本一致。夏季工厂区和交通区的 I_{ion} 值以 12:00 为分界线,上午 I_{ion} 值大于下午,这与随着区域空气污染物积累空气质量下降的事实相符;文教区全天

变化不大。秋季4个功能区离子评价指数变化幅度较大,以12:00为分界,下午都进入较剧烈的波动时段,其中休闲度假区与夏季变化形式相似;文教区则整体呈下降趋势,上午 I_{ion} 值大于下午,空气质量等级不断下降;工厂区下午 I_{ion} 值高于上午,交通区基本稳定。结合表1的空气质量分级标准,夏季休闲度假区空气基本属于C级中等清洁,空气质量相对较好;文教区、工厂区和交通区空气质量全天基本属E级临界,上午 I_{ion} 值维持在0.2~0.3,下午工厂区和交通区都降至0.2以下,空气清洁性很差;文教区略高但也只有0.25左右,空气质量不容乐观,这可能与监测点长安大学本部校园毗邻交通主干道、交通污染不断累积有关。4个功能区秋季空气离子评价指数比夏季减小很多, I_{ion} 值显示各区空气清洁度低于夏季,情况略好的休闲度假区空气清洁度也只有E级临界。上午时段4个功能区空气质量由高到低依次为休闲度假区、文教区、交通区、工厂区;下午除度假区略好外,其他3个区空气质量极不稳定,清洁度和舒适度极不理想。

3 结语

(1)西安市4个典型功能区空气小负离子的数密度变化各有特点,峰值多出现在上午,低值多出现在中午和下午。夏秋两季日变化趋势基本一致,但浓度水平夏季明显高于秋季。小正离子的数密度变化趋势与小负离子变化基本相同,夏季变化平缓而秋季波动显著。

(2)夏秋两季各功能区之间的空气小负离子的数密度由大到小依次为休闲度假区、文教区、交通区、工厂区。空气离子浓度与区域生态环境及人为活动密切相关,另外气象因子(如光照、温度、湿度等)对空气离子浓度也有一定影响,需要进一步深入研究。

(3)用单极系数评价空气质量并不一定准确,相比之下空气离子评价指数更能如实反映区域空

气舒适度和清洁度。用空气离子评价指数评价西安市空气清洁度表明,西安市不同功能区夏季好于秋季,空气质量由好到差依次为休闲度假区、文教区、交通区、工厂区。测试点所对应的文教区、交通区和工厂区空气质量较差,亟需治理改善。

参考文献:

- [1] 孙景群. 大气电学基础[M]. 北京: 气象出版社, 1987.
- [2] Reiter R. Frequency Distribution of Positive and Negative Small Ion Concentrations, Based on Many Years' Recordings at Two Mountain Stations Located at 740 and 1 780 m ASL [J]. International Journal of Biometeorology, 1985, 29(3): 223-231.
- [3] 邵海荣, 贺庆棠, 阎海平, 等. 北京地区空气负离子浓度时空变化特征的研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(3): 35-39.
- [4] 季玉凯. 棋盘山风景区空气负离子分布与变化规律研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007.
- [5] 吴章文. 森林游憩区保健旅游资源的深度开发[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(2): 63-67.
- [6] 曾曙才, 苏志尧, 陈北光. 广州绿地空气负离子水平及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2007, 26(7): 1049-1053.
- [7] 厉月桥. 保定市太行山三个旅游区空气负离子分布规律的研究[D]. 河北保定: 河北农业大学, 2008.
- [8] 张清彩, 贺延梅, 赵建民, 等. 森林公园小气候空气负离子保健浓度分级评价[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(3): 48-49.
- [9] 王珩. 城市空气离子浓度的时空变化特征及其与环境因子的相关关系[D]. 上海: 上海师范大学, 2006.
- [10] 韦朝领, 王敬涛, 蒋跃林, 等. 合肥市不同生态功能区空气负离子浓度分布特征及其与气象因子的关系[J]. 应用生态学报, 2006, 17(11): 2158-2162.
- [11] Blackwood L.G. Normality Transformations for Environmental Data from Compound Normal-Lognormal Distributions [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1995, 35(1): 55-75.
- [12] 范海兰, 胡喜生, 陈灿, 等. 福州市空气负离子空间变化特征[J]. 福建林学院学报, 2008, 28(1): 27-30.
- [13] 吴楚材, 黄绳纪. 桃源洞国家森林公园的空气负离子含量及评价[J]. 中南林学院学报, 1995, 15(1): 9-12.
- [14] 石强, 舒惠芳, 钟林生, 等. 森林游憩区空气负离子评价研究[J]. 林业科学, 2004, 40(1): 36-40.