

寨场山森林公园空气负离子浓度的时空变化特征

谢雪宇,胡希军*,朱炫霓

(中南林业科技大学 风景园林学院,湖南 长沙 410004)

摘要:森林公园中的空气负离子能够有效缓解现代人因长期待在室内导致的“空调综合症”,对森林公园的规划发展亦至关重要。对寨场山森林公园空气负离子浓度的时空变化进行分析,结果表明:1)森林公园中空气负离子浓度夏秋高于冬春,夏季最高,冬季最低。一天当中空气负离子浓度上午开始下降,14:00—16:00 最低,随后回升。2)森林公园中在地势较低且植物生长较好的地方以及在不同水体周围,空气负离子浓度更优。3)公园中不同绿地类型以及不同水体中空气清洁度从高到低的次序分别为:乔灌草>阔叶乔木>灌木丛>草坪,瀑布>河流>溪流>水库>小湿地。

关键词:森林公园;空气负离子;时空变化特征;保健养生

中图分类号:S731.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2014)05-0037-05

Spatio-temporal Variation Characteristics of Negative Air Ion Concentrations
in Zhaichangshan Forest Park

XIE Xue-yu, HU Xi-jun*, ZHU Xuan-ni

(College of Landscape Architecture, Century South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410002, China)

Abstract: The negative air ions in the forest park can effectively alleviate "air conditioning syndrome" of modern people caused by long-time staying indoors. It is important for planning and development of forest park. In this paper, spatio-temporal changes of negative air ion concentrations in Zhaichangshan Forest Park were analyzed. The results showed that: 1) over a year, the maximum concentrations of negative air ions in forest park appeared in summer and the minimum in winter, the concentrations in summer and fall were higher than those in winter and spring. Over a day, the concentrations started to decrease in the morning, minimum values appeared at 14:00 to 16:00, after then, the concentrations started to increase. 2) Within the forest park, the concentrations of negative air ions were higher in low-lying place with well growing plants or around the water. 3) The air quality in different types of green spaces and waters decreased from high to low: arbor-shrub-herb>broadleaf-arbor>shrub>lawn, waterfall>river>stream>reservoir>small wetland. On the base of the result, some suggestions on the designing of forestry health-care facilities were put forward.

Key words:forest park; negative air ion; temporal-spatial variation characteristic; health care

森林作为现代经济建设中少有的空气清新、植被良好的环境,越来越受到人们的重视。有关研究表明,森林中的空气负离子的含量是非常高的,而空气负离子对人体有各种有益的功能,可以有效缓解因长期待在室内导致的“空调综合症”,因此现代人

也越来越向往到森林中旅游和休养^[1]。随着森林公园的逐渐发展,森林旅游的人群逐渐上升,对森林公园各方面的研究也趋向完善,其中对森林公园中空气负离子的相关研究也逐渐深入。相关学者研究了很多关于空气负离子产生和运用方面的知识,森林

收稿日期:2014-01-12 修回日期:2014-03-10

基金项目:湖南省“十二五”重点学科(风景园林学)(湘教发[2011]76号)。

作者简介:谢雪宇,男,硕士研究生,研究方向:园林规划设计。E-mail:107638020@qq.com

*通信作者:胡希军,男,教授,博士生导师,研究方向:园林规划设计、景观生态规划、城乡规划。E-mail:huxj0801@126.com

公园中空气负离子的水平研究也因此渐趋全面。森林公园小气候环境下的空气负离子含量较高,其疗养和杀菌的功能亦逐渐被人们所接受。在此基础上,森林公园的开发中也开始增加了负氧离子呼吸场、森林疗养院和森林度假村等旅游项目,因此研究森林公园中空气负离子浓度的变化具有重要意义。目前,有关温带季风气候下空气负离子分布情况的研究较多,但在亚热带季风气候环境下的空气负离子浓度变化特征的相关研究涉及较少。通过对规划中的寨场山森林公园中空气负离子浓度的时空变化特征的研究,以期为森林公园保健养生项目的开发与规划等方面提供借鉴。

1 寨场山地理环境概况

1.1 县域环境

惠东县属沿海山区县,南部沿海多为丘陵,北部地势较高,西枝江自东北向西南流过县境。县城气候宜人,属南亚热带季风气候,阳光充足,雨量充沛。年平均气温为22.2℃,年降水量为2 248.4 mm,总日照时间数为1 667.1 h,年均相对湿度约78%。

1.2 公园环境

寨场山森林公园位于惠东县城东南面,公园规划总面积为1 154.2 hm²,公园内拥有九龙峰、寨场

山、鸡颈顶和庵背山等10余大小不一的山峰,西部最高点位寨场山顶,海拔为436.6 m,同时还拥有虎眺峡、谭公峡、石寮峡等10余处陡峻的峡谷。公园内的水体主要有盘龙瀑布、石寮水库、谭公溪和藏龙溪,其中水源最大的溪流为藏龙溪。除此之外,公园内的植被类型也比较丰富,园内有维管束植物50科,共126种,优良的观赏植物包括有杜鹃花、山乌柏、盐肤木、木姜子等40余种。

2 研究方法

2.1 仪器

空气负离子测量采用的是中南林业科技大学森林旅游研究中心研制的DLY-3空气负离子测量仪,测量误差≤±10%,最高分辨率为10个/cm³,符合《空气离子测量仪通用规范》国家标准。

2.2 方法

观测时间限定在每日8:00—18:00,每隔2 h 观测1次。观测时段为2013年1月10—13日、4月20—25日、8月10—15日、10月11—12日选取每个季节天气晴好的2~5 d进行观测。并选取森林公园最具代表性的22个地点(图1)进行观测,每个测定点按相互垂直的4个方向观测,待数值显示稳定后读取各个数值,取其平均值进行分析。



图1 寨场山森林公园负离子监测点分布

Fig. 1 Distribution of negative ion monitoring sites in Zhaichangshan Forest Park

采用单级系数和安培空气质量评价指数作为空气质量的评价指标。其公式分别为:

$$q = n^+ / n^- \quad (1)$$

$$CI = n^- / (1000 \times q) \quad (2)$$

式中, n^+ 为空气正离子数, n^- 为空气负离子数, q 为单极系数, CI 为空气质量评价指数。

一般认为 $q \leq 1$ 人才能感觉到舒适,并且单极系数越小,对人体越有好处。空气质量评价指数把空气负

离子作为评价指标,同时考虑了正、负离子的构成比。目前国内外通行的空气清洁度等级标准如表 1^[1]。

表 1 空气清洁度分级评价标准

Table 1 Classification criterion of air quality

| 清洁度 | CI | 等级 |
|------|-----------|----|
| 最清洁 | > 1.0 | A |
| 清洁 | 1.0~0.7 | B |
| 中等清洁 | 0.69~0.5 | C |
| 容许 | 0.49~0.30 | D |
| 临界值 | < 0.29 | E |

3 结果与分析

3.1 空气负离子的时间变化规律

3.1.1 季节变化 在寨场山森林公园中选取西南入口处的竹林、牛头壳山顶、石寮水库、主入口山脚、防火林带以及盘龙山古庙瀑布 6 个地点作为观测点(表 2),对寨场山森林公园中负离子浓度的季节性变化进行对比。

表 2 空气负离子季节变化监测数据

Table 2 The seasonal data of negative air ion concentration

| 测定点 | 空气负离子浓度/(个·cm ⁻³) | | | | 差异显著性(*) |
|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|----------|
| | 春 | 夏 | 秋 | 冬 | |
| 竹林 | 872 | 916 | 863 | 862 | — |
| 牛头壳山顶 | 567 | 690 | 580 | 534 | — |
| 石寮水库 | 810 | 1 023 | 859 | 752 | * |
| 入口山脚 | 1 082 | 1 355 | 1 140 | 1 062 | * |
| 防火林带 | 923 | 1 034 | 932 | 867 | — |

表 3 空气负离子日变化监测数据

Table 3 The diurnal data of negative air ion concentration

| 测定点 | 空气负离子浓度/(个·cm ⁻³) | | | | | |
|---------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 8:00 | 10:00 | 12:00 | 14:00 | 16:00 | 18:00 |
| 石寮水库东南端 | 1 764 | 1 345 | 1 180 | 632 | 1 056 | 1 596 |
| 西北入口山脚 | 2 955 | 2 567 | 1 911 | 834 | 2 365 | 2 874 |
| 石寮水库 | 1 331 | 1 242 | 1 183 | 987 | 1 154 | 1 245 |
| 西北面防火林带 | 1 354 | 1 032 | 986 | 973 | 901 | 1 148 |
| 竹篙山顶 | 1 194 | 1 003 | 954 | 789 | 646 | 1 067 |

3.2 空气负离子的空间变化规律

为了了解公园内空气负离子浓度在空间上的变化水平,在夏季(2013 年 8 月 10—15 日)对公园内不同的水体以及不同的绿地类型作进一步观测比较,并引入安培空气质量评价指数进行评价。

从表 4 可以看出,在公园内水体周边的空气清洁度都较高。其中天河西南端以及石寮水库为公园中的静态水体,而天河西南端由于水体面积较小,并且植物种类比较单一,空气清洁度仅为 B 级。动态水体周边的空气清洁度均高于静态水体,而盘龙山古庙瀑布的空气清洁度更是高达 42.63,不同测点之间的浓度变化次序为盘龙山古庙瀑布>石寮峡>

由表 2 可以看出,竹林一年四季不落叶,而由于当地为亚热带地区,年气温变化并不大,空气负离子浓度除夏季为 916 个/cm³ 外,其余季节基本在 860 个/cm³ 左右,变化并不大。牛头壳山顶与防火林带因常绿植物较多,四季负离子没有明显变化,夏季最高,冬季最低。另外,石寮水库与入口山脚四季变化较明显,夏秋比冬春高,且夏季最高,这主要是由于 2 处都有水体,四季水量变化较明显。而盘龙山古庙瀑布夏季空气负离子浓度可达 17 200 个/cm³,冬季由于水流量原因迅速下降至 5 200 个/cm³(因盘龙山古庙瀑布负离子含量远高于其他地方,故未放入表中作比较),因此四季变化更加明显。

通过总结对比公园内的测点数据,可以得出公园内空气负离子浓度最高为夏季,而夏秋整体上比冬春两季更高,冬季最低。

3.1.2 日变化 选择夏季中的晴天进行观测,对公园内 5 个典型样点连续 5 d,每日从 8:00—18:00 每 2 h 测 1 次,读出 4 个方向数值后,求出平均值(表 3)。

由表 3 可以看出,西北入口山脚下一天中变化幅度最大,最小值出现在 14:00,在石寮水库东南端以及石寮水库 2 处变化规律与西北入口山脚相似,峰值均出现在 8:00。另外,在西北面防火林带以及竹篙山顶一天中的最小值出现在 16:00,但峰值同样在 8:00。对数据进行统计分析得出,空气负离子水平一般 12:00 前较高,最低值一般出现在 14:00—16:00 之间,16:00 之后空气负离子浓度逐渐回升。

西北入口山脚>潭公溪>石寮水库>天河西南端。

在寨场山森林公园内选取 5 种不同的绿地类型进行对比分析(表 5)。石寮水库东南端的植被构成丰富,由枝叶茂密的高达乔木以及灌木丛组成的绿地类型中林下植被覆盖度高,故此处的空气清洁度最高,为 A 级。其次为高达阔叶乔木组成的防火林带以及灌木丛组成的鸡颈顶,较差的为长牛坑上的草坪。植物的树冠和枝叶的尖端放电以及植物光合作用所产生的光电效应,使空气电解产生大量负离子,而石寮峡谷下山路为水泥地,并且因为施工期间产生不少粉尘,故空气清洁度仅为 D 级。

表4 夏季不同水体空气负离子含量

Table 4 The negative air ion concentration in different water in summer

| 测定点 | 水体类型 | 负离子数 /(个·cm ⁻³) | 正离子数 /(个·cm ⁻³) | CI | 空气清洁度 |
|---------|------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|
| 盘龙山古庙瀑布 | 瀑布 | 18 000 | 7 600 | 42.63 | A |
| 石寮峡 | 河流 | 2 125 | 1 054 | 4.28 | A |
| 西北人口山脚 | 河流 | 1 762 | 1 168 | 2.66 | A |
| 谭公溪 | 溪流 | 1 131 | 1 004 | 1.27 | A |
| 天河西南端 | 小湿地 | 648 | 585 | 0.72 | B |
| 石寮水库 | 水库 | 871 | 746 | 1.02 | A |

表5 夏季不同绿地类型空气负离子含量

Table 5 The negative air ion concentration in the different types of green in summer

| 测定点 | 绿地类型 | 负离子数 /(个·cm ⁻³) | 正离子数 /(个·cm ⁻³) | CI | 空气清洁度 |
|---------|------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|
| 石寮水库东南端 | 乔灌草 | 954 | 873 | 1.04 | A |
| 西北面防火林带 | 阔叶乔木 | 908 | 1 124 | 0.73 | B |
| 长牛坑 | 草坪 | 594 | 563 | 0.63 | C |
| 鸡颈顶 | 灌木丛 | 619 | 541 | 0.71 | B |
| 石寮峡谷下山路 | 水泥地 | 535 | 597 | 0.48 | D |

4 结论与讨论

4.1 结论

公园内空气负离子在时间上的变化规律为夏秋两季高于冬春,夏季最高,冬季最低。而在一天当中空气负离子浓度水平一般在12:00左右逐渐下降,并且低谷一般出现在14:00—16:00之间,在16:00以后空气负离子浓度逐渐回升。

公园内空气负离子浓度在空间上的变化规律比较明显。首先,虽然不同的海拔高度对空气负离子有一定影响,但由于地势较低的地方植物生长情况普遍优于地势高的地方,故公园内海拔高度较低处的空气负离子含量一般高于海拔高的地方。其次,经过整体性的观察比较以及对公园内五种不同的绿地类型的对照分析,可以发现植被丰富的乔灌草类型绿地空气质量最高,单一草坪绿地空气清洁度最低,空气清洁度从高到低的次序为乔灌草>阔叶乔木>灌木丛>草坪。最后,对比发现公园内在水体影响下的地方空气负离子含量明显优于公园其他地方,其中动态水负离子浓度大于静态水,静态水中大型水体,如水库则优于水体面积较小的水塘,而公园内动态水中空气负离子浓度从高到低依次为瀑布>河流>溪流,故瀑布周边为公园内空气负离子浓度最优的地方。

4.2 讨论

森林公园的休闲养生度假区空气负离子的研究已经越来越受到国内外的重视,空气负离子含量的水平已经作为建立负氧离子呼吸场、森林浴场、森林木屋及森林别墅区的重要参考依据,也是对公园游客的一大吸引力^[3-4]。

休闲养生度假区作为森林公园一个不可或缺的功能分区,其空气负离子含量的高低决定着公园整体规划的合理性,而休闲养生度假区中项目的规划则是根据在不同的地点中空气负离子不同变化作为设置参考的。根据森林公园中空气负离子的时空变化特征,对公园保健养生项目设置应以开发夏季保健养生项目为主,并多以上午时段的项目作为吸引力。负氧离子呼吸场作为公园内空气负离子含量最高的地方,应该更多利用水体的综合功能,多设置于植被良好的动态水体范围内,尤其是瀑布周边。休闲养生度假项目应主要设置在植物种类丰富、搭配结构合理的区域。由于公园内海拔较高的地方往往有更好的观光效果,可以通过植物的改造来进一步提升空气质量。

参考文献:

- [1] 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.
SHI Q, SHU H F, ZHONG L S, et al. Research on evaluation of the aero anion in forestry recreational areas [J]. Sci. Silv. Sin., 2004, 2004, 40(1):36-40. (in Chinese)
- [2] 陈佳瀛,宋永昌,陶康华,等. 上海市绿地空气负离子研究[J]. 生态环境,2006,15(5):1024-1028.
CHEN J Y, SONG Y C, TAO K H, et al. Study on the air anions of the urban greenery patches in Shanghai [J]. Ecol. Environ., 2006, 15(5):1024-1028. (in Chinese)
- [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.
SHAO H R, HE Q T, YAN H P, et al. Spatio-temporal changes of negative air ion concentrations in Beijing [J]. J. Beijing For. Univ., 2005, 27(3):35-39. (in Chinese)
- [4] 郭圣茂,杜天真,赖胜男,等. 城市绿地对空气负离子的影响[J]. 城市环境与城市生态,2006,19(2):1-4.

- GUO S M, DUT Z, LAI S N, et al. Relationship between air anions and urban green spaces[J]. *Urban Environ & Urban Ecol.*, 2006, 19(2): 1-4. (in Chinese)
- [5] 刘新,吴林豪,张浩,等.城市绿地植物群落空气负离子浓度及影响要素研究[J].复旦学报:自然科学版,2011,50(2):206-212.
- LIU X, WU L H, ZHANG H, et al. Study on the concentration of negative air ions and the influential factors in different urban plant communities[J]. *J. Fudan Univ. : Nat. Sci.*, 2011, 50(2): 206-212. (in Chinese)
- [6] 潘剑彬,董丽廖,圣晓,等.北京奥林匹克森林公园空气负离子浓度及其影响因素[J].北京林业大学学报,2011,33(2):59-64.
- PAN J B, DONG L L, SHENG X, et al. Negative air ion concentration and affecting factors in Beijing Olympic Forest Park [J]. *J. Beijing For. Univ.*, 2011, 33(2): 59-64. (in Chinese)
- [7] 章志攀,俞益武,张明如,等.天目山空气负离子浓度变化及其与环境因子的关系[J].浙江林学院学报,2008,25(4):481-485.
- ZHANG Z P, YU Y W, ZHANG M R, et al. Negative air ion concentration and environmental factors for Mount Tianmu of Zhejiang province[J]. *J. Zhejiang For. Coll.*, 2008, 25(4): 481-485. (in Chinese)
- [8] 冯磊,胡希军,罗慧敏,等.城郊型森林公园环境评价及研究[J].西北林学院学报,2009, 24(3):177-180.
- FENG L, HU X J, LUO H M, et al. Environment assessment and landscape planning of suburban forest park[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2009, 24(3):177-180. (in Chinese)
- [9] 赵雄伟,李春友,葛静茹,等.森林环境中空气负离子研究进展[J].西北林学院学报,2007,22(2):57-61.
- ZHAO X W, LI C Y, GE J R, et al. Progress of aero-anion in forest environment[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2007, 22(2):57-61. (in Chinese)
- [10] 邵海荣,杜建军,单宏臣,等.用空气负离子浓度对北京地区空气清洁度进行初步评价[J].北京林业大学学报,2005,27(4):56-59.
- SHAO H R, DU J J, SHAN H C, et al. Assessment of air cleanliness degree in Beijing using negative air ion concentration as an index[J]. *J. Beijing For. Univ.*, 2005, 27(4): 56-59. (in Chinese)
- [11] 范亚民,何平,李建龙,等.城市不同植被配置类型空气负离子效应评价[J].生态学杂志,2005,24(8):883-886.
- FAN Y M, HE P, LI J L, et al. Effect evaluation of air negative ions under different vegetation arrangements in Nanning city[J]. *Chin. J. Ecol.*, 2005, 24(8):883-886. (in Chinese)
- [12] 章志攀,俞益武,孟明浩,等.旅游环境中空气负离子的研究进展[J].浙江林学院学报,2006,23(1):103-108.
- ZHANG Z P, YU Y W, MENG M H, et al. Progresses of aeroanion in tourism environments [J]. *J. Zhejiang For. Coll.*, 2006, 23(1):103-108. (in Chinese)
- [13] 张清杉,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.
- ZHANG Q S, HE Y M, ZHAO J M, et al. Grading assessment of aeroanion concentration the microclimate of forest park [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2006, 21(3): 48-49. (in Chinese)
- [14] 黄彦柳,陈东辉,陆丹,等.空气负离子与城市环境[J].干旱环境监测, 2004, 18(4):208-211.
- HUANG Y L, CHEN D H, LU D, et al. Air negative ion and environment[J]. *Arid Environ Monitoring*, 2004, 18(4):208-211. (in Chinese)
- [15] 彭镇华.中国城市森林[M].北京:中国林业出版社, 2003.

(上接第18页)

- [19] 李晓彬,汪有科,张平.充分灌溉下梨枣树茎直径动态变化及MDS影响因子的通径分析[J].农业工程学报,2011,27(4):88-93.
- LI X B, WANG Y K, ZHANG P. Dynamic changes of pear jujube stem diameter and path analysis of MDS influencing factors with full irrigation[J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(4):88-93. (in Chinese)
- [20] 刘守阳,汪有科,赵霞,等.植物生长调节剂对梨枣节水增产效益的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(12):184-190.
- LIU S Y, WANG Y K, ZHAO X, et al. Effects of plant growth regulators on yield and water use efficiency of jujube in northern Shaanxi[J]. *Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Edi.*, 2012, 40(12):184-190. (in Chinese)
- [21] KABELA E D, HORNBUCKLE B K, COSH M H, et al. Dew frequency, duration, amount, and distribution in corn and soybean during SMEX05[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2009, 149(1):11-24.
- [22] LAWRENCE M G. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: a simple con-
- version and applications[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2005, 86:225-233.
- [23] 明道绪.通径分析的原理与方法[J].农业科学导报,1986,1(4):39-43.
- [24] BEYSENS D. The formation of dew[J]. *Atmospheric Research*, 1995, 39(1):215-237.
- [25] MUSELLI M, BEYSENS D, MARCILLAT J, et al. Dew water collector for potable water in Ajaccio (Corsica Island, France) [J]. *Atmospheric Research*, 2002, 64:297-312.
- [26] KIDRON G J. Angle and aspect dependent dew and fog precipitation in the Negev desert [J]. *Journal of Hydrology*, 2005, 301:66-74.
- [27] 郭斌,陈亚宁,郝兴明,等.不同下垫面土壤凝结水特征及其影响因素[J].自然资源学报,2011,26(11):1963-1974.
- GUO B, CHEN Y N, HAO X M, et al. Characteristics of soil condensation water and its influencing factors on different underlying surfaces in the lower reaches of the Tarim River [J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(11):1963-1974. (in Chinese)