ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 18 期 Vol.32 No.18 2012

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

中国科学院科学出版基金资助出版

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 18 期　　2012 年 9 月　(半月刊)

目　　次

亚热带典型树种对模拟酸雨胁迫的高光谱响应…… 时启龙,江　洪,陈　健,等 (5621)
珠江三角洲地面风场的特征及其城市群风道的构建…… 孙　武,王义明,王越雷,等 (5630)
粤北山地常绿阔叶林自然干扰后冠层结构与林下光照动态…… 区余端,苏志尧 (5637)
四种猎物对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响 …… 张昌容, 邸军锐, 莫利锋 (5646)
普洱季风常绿阔叶林次生演替中木本植物幼苗更新特征…… 李帅锋,刘万德,苏建荣,等 (5653)
喀斯特常绿落叶阔叶混交林物种多度与丰富度空间分布的尺度效应…… 张忠华,胡　刚,祝介东,等 (5663)
格氏栲天然林土壤养分空间异质性…… 苏松锦,刘金福,何中声,等 (5673)
种植香根草对铜尾矿废弃地基质化学和生物学性质的影响…… 徐德聪,詹　婧,陈　政,等 (5683)
灌溉对三种荒漠植物蒸腾耗水特性的影响…… 单立山,李　毅,张希明,等 (5692)
真盐生植物盐角草对不同氮形态的响应…… 聂玲玲,冯娟娟,吕素莲,等 (5703)
庞泉沟自然保护区寒温性针叶林演替优势种格局动态分析…… 张钦弟,毕润成,张金屯,等 (5713)
不同水肥条件下 AM 真菌对丹参幼苗生长和营养成分的影响…… 贺学礼, 马　丽, 孟静静, 等 (5721)
垄沟覆膜栽培冬小麦田的土壤呼吸…… 上官宇先,师日鹏,韩　坤,等 (5729)
不同方式处理牛粪对大豆生长和品质的影响 …… 郭立月, 刘雪梅,战丽杰,等 (5738)
基于大气沉降与径流的乌鲁木齐河源区氮素收支模拟 …… 王圣杰, 张明军, 王飞腾,等 (5747)
基于能值理论的循环复合农业生态系统发展评价——以福建省福清星源循环农业产业示范基地为例……
…… 钟珍梅,翁伯琦, 黄勤楼,等 (5755)
低温暴露和恢复对棘胸蛙雌性亚成体生存力及能量物质消耗的影响…… 凌　云,邵　晨,颉志刚,等 (5763)
暗期干扰对棉铃虫两个不同地理种群滞育抑制作用的比较…… 陈元生,涂小云,陈　超,等 (5770)
水土流失治理措施对小流域土壤有机碳和全氮的影响…… 张彦军,郭胜利,南雅芳,等 (5777)
不同管理主体对泸沽湖流域生态系统影响的比较分析…… 董仁才,苟亚青,李思远,等 (5786)
连江鱼类群落多样性及其与环境因子的关系…… 李　捷,李新辉,贾晓平,等 (5795)
溶氧水平对鲫鱼代谢模式的影响 …… 张　伟,曹振东,付世建 (5806)
象山港人工鱼礁区的网采浮游植物群落组成及其与环境因子的关系…… 江志兵,陈全震,寿　鹿,等 (5813)
填海造地导致海湾生态系统服务损失的能值评估——以套子湾为例…… 李睿倩,孟范平 (5825)
城市滨水景观的视觉环境质量评价——以合肥市为例…… 姚玉敏,朱晓东,徐迎碧,等 (5836)

专论与综述

生态基因组学研究进展 …… 施永彬,李钧敏,金则新 (5846)
海洋酸化生态学研究进展 …… 汪思茹,殷克东,蔡卫君, 等 (5859)
纺锤水蚤摄食生态学研究进展…… 胡思敏,刘　胜,李　涛,等 (5870)
河口生态系统氨氧化菌生态学研究进展…… 张秋芳,徐继荣,苏建强,等 (5878)
嗜中性微好氧铁氧化菌研究进展…… 林超峰,龚　骏 (5889)
典型低纬度海区(南海、孟加拉湾)初级生产力比较 …… 刘华雪, 宋星宇, 黄洪辉,等 (5900)
植物叶片最大羧化速率及其对环境因子响应的研究进展 …… 张彦敏, 周广胜 (5907)
中国大陆鸟类栖息地选择研究十年…… 蒋爱伍,周　放,覃　玥,等 (5918)

研究简报

孵化温度对赤链蛇胚胎代谢和幼体行为的影响…… 孙文佳,俞　霄,曹梦洁,等 (5924)
不同培肥茶园土壤微生物量碳氮及相关参数的变化与敏感性分析 …… 王利民, 邱珊莲,林新坚,等 (5930)
施肥对两种苋菜吸收积累镉的影响 …… 李凝玉, 李志安,庄　萍,等 (5937)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 322 * zh * P * ￥70.00 * 1510 * 36 * 2012-09

封面图说:冬天低空飞翔的丹顶鹤——丹顶鹤是鹤类中的一种,因头顶有"红肉冠"而得名。是东亚地区特有的鸟种,因体态优雅、颜色分明,在这一地区的文化中具有吉祥、忠贞、长寿的象征,是传说中的仙鹤,国家一级保护动物。丹顶鹤具备鹤类的特征,即三长——嘴长、颈长、腿长。成鸟除颈部和飞羽后端为黑色外,全身洁白,头顶皮肤裸露,呈鲜红色。丹顶鹤每年要在繁殖地和越冬地之间进行迁徙,只有在日本北海道等地是留鸟,不进行迁徙,这可能与冬季当地人有组织地投喂食物,食物来源充足有关。

彩图提供:陈建伟教授　北京林业大学　E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201108021129

孙武,王义明,王越雷,陈东梅,陈世栋. 珠江三角洲地面风场的特征及其城市群风道的构建. 生态学报,2012,32(18):5630-5636.

Sun W, Wang Y M, Wang Y L, Chen D M, Chen S D. Wind fields and the development of wind corridors in the urban metropolis of the Pearl River Delta. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(18): 5630-5636.

珠江三角洲地面风场的特征及其城市群风道的构建

孙 武*,王义明,王越雷,陈东梅,陈世栋

(华南师范大学地理科学学院,广州 510631)

摘要:利用珠三角 20 个观测站 1964—1983 年的风数据分析了珠三角城市群地面风场风向、风速分布与季节变化特征,并基于经验正交函数(EOF)进行了地面风场的空间分类。呈缺口盆地地形的珠三角风速较低,为 3—2 m/s,整个区域风速南高北低;以伶仃洋为界,西岸高于东岸;西南部潭江谷地夏季多南风,冬季为北风,东岸东江谷底全年多东风,北江与西江河谷冬季盛行北风,夏季为东南风。综合风向与风速,结合地形,可将珠三角地面风场由南向北依次划分为较高风速区、中风速区和低风速区三类。根据空间尺度以及在区域中发挥的作用,珠三角城市群应构建多级风道,且风道还有常年与季节之别:伶仃洋(伶仃洋—虎门—狮子洋—广州水道)、西江(磨刀门—九江—三水)、潭江河谷应属于一级常年风道;北江(清远—三水)和东江(博罗—狮子洋)为一级季节风道。广州—三水段、黄埔—东莞段、中山—江门段以及伶仃洋段是影响整个珠三角大气环境质量风道的枢纽地段。城市群规划中对枢纽段超高建筑群进行风环境影响的评价,对枢纽段河道宽度、建筑物高度与密度的控制,将有助于提高珠三角城市群的空气质量,并防范下垫面粗糙度改变引起峡谷风的新风险。

关键词:珠江三角洲;地面风场;风道;枢纽地段

Wind fields and the development of wind corridors in the urban metropolis of the Pearl River Delta

SUN Wu*, WANG Yiming, WANG Yuelei, CHEN Dongmei, CHEN Shidong

School of Geographical Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, *China*

Abstract: The application of wind field analysis and simulation can improve traditional urban planning and regional eco-environmental efforts. We analyzed the wind direction, wind speed and seasonal variation of the surface wind field, in combination with empirical orthogonal function (EOF) analysis to spatially classify the surface wind field of the Pearl River Delta based on the wind data from 20 observation stations collected from 1964 to 1983. The low average wind speed seldom exceeded 2—3m/s because of the gap-shaped basin topography, with relatively higher wind speeds in the south and low speeds in the northern part of the region. From the boundary of the Lingding Gulf, the wind speeds along the west coast are higher than wind speeds along the east coast. A south wind prevails in summer and a north wind in winter in the Tang River Valley in the southwestern part of the region. An east wind prevails during the entire year in the East River Valley along the east coast. A north wind prevails in winter and the southeast wind in summer in the West River Valley and north river valley. The background wind direction and topography effect the surface windfield resulting in higher wind speeds in the south than in the north. Wind speed pattern is an important background factor influencing air quality in the pearl river delta. From 1964 to 1983, the wind speed decreased in the north and increased in the southern parts of the region, which increased the wind speed differences between these two areas. Based on the wind direction, wind speed and topography, we

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41071015)

收稿日期:2011-08-02; **修订日期**:2012-03-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sunw@scnu.edu.cn

divided the surface wind field in the pearl river delta into three parts from south to north which we called the high, mid-range and low-wind speed zones. A wind corridor is the main air-flow channel within an urban metropolis area, which impacts near-surface atmospheric environmental quality. Based on the spatial characteristics of tall buildings and the regional topography, we need to manage and construct multi-level wind corridors for the pearl river delta metropolis. Based on the relationship between wind direction and the riverway direction, we divided the wind corridors into seasonal and annual wind corridors. The primary feature of the annual wind corridor is that the regional background wind direction is consistent with riverway direction. The annual wind corridor includes Lingding Gulf (Lingding Gulf-Humen-Shizi Gulf-Guangzhou), West River (Modaomen-Jiujiang-Sanshui) and Tang River Valley. So, the wind corridor of the Shangchuang Island-Gaohe-Sanshui creates a high speed area of wind in the pearl river delta and air fluently flows through it. But the North River (Qingyuan-Sanshui) and East River (Boluo-Shizi Gulf) belong to the first-level seasonal wind corridor because wind direction there is perpendicular to the valley direction during several months of a year. With the development of ultra-high buildings and an increase in building density the wind corridor is often blocked resulting in reduced ventilation and increasing levels of pollution and the creation of a heat island. Also, recently constructed high-rise buildings are located in or near the valley, which narrows the valley and some wind corridors are transformed into valley wind corridors. This increases the risk of disasters when the valleys and buildings combine to channel the wind during unusual weather events such as typhoons and other types of storms. The wind corridor of the Guangzhou-Sanshui, Huangpu-Dongguan, Zhongshan-Jiangmen and Lingding Gulf section is the hub of all the wind corridors, which impacts air quality of the entire pearl river delta. The pearl river delta currently has green belt and green corridor planning, but a complete ecological corridor should include a wind corridor, green belts and green corridors. The assessment of the wind environment for tall buildings is at the core of urban planning. When combined with the control of hub river width and building height and density, it will help improve air quality in the urban metropolis of the pearl river delta, protecting the valley wind corridor from changes at the surface. Limited statistical and simulation data is available, so the authors discuss the concept of wind corridors which needs to be the subject of massive experimentation in the future.

Key Words: Pearl River Delta; surface wind field; urban planning; wind corridor

传统的区域性地面风场变化规律已有许多学者进行了总结[1]。国外学者在探讨城市热岛时,也分析了热岛与地面风场间的关系[2-5],提出了不同的临界风速。地面风场的研究,现在更多地纳入到大气边界层与大气环境的模拟中。针对空间尺度不同的城市,已有学者利用 MM5 或其他数值模型,模拟分析随着下垫面的改变,地面风场和大气边界层的响应,进而引起污染物的输送与热岛强度的发展变化等。其中建设用地密度增大、楼层升高和人为热释放的增加是模型中下垫面变化的主要因子。从对街巷尺度[6]到方圆 20 km 的一个小城镇[7],从单一城市南京[8]到整个珠三角[9-10]所进行的城市气象环境和边界层结构的数值模拟,均成为城市规划的重要科学依据。这也从一个侧面,反映了大气环境模拟是当代城市规划的重要内容与依据。

虽然珠三角三面环山、北高南低、南部临海,但由于白云嶂(1003 m)、大帽山(957 m)、凤凰山(934 m)、五桂山(530 m)、狮子头(982 m)和蒲鬃顶(807 m)构成了珠三角的南部近千米高的弧形山脉,平原更像南部带有几个缺口的盆地(图 1)。除受偏南的暖湿气流、跨越南岭的偏北干冷空气、夏秋副高下沉气流等大尺度环流因素的影响外,还有城市群自身的热岛环流,使得盆地边界层上部极易被逆温层覆盖。珠三角在特殊盆地地形与大气环流的配置下,随着改革开放以来下垫面粗糙度的增加,所形成的城市群大气边界层[11],加剧了城市热岛强度与污染发生的概率[12-13]。尤其是珠三角北部城市化速度远高于南部,个别城市建设用地已达到土地面积的 40%,加上北部本身污染物排放密度与强度也高于南部,主要城市的灰霾天气都在 100 d 以上,从而造成了北部较高的热岛强度与空气污染水平。作为全国城镇建设用地密度最高、城市化进程最快城市群,未来随着城市建设用地进一步扩张,超高建筑群的增多,整个珠三角空气的通畅性会降低;伴随着近年来

珠三角风速南高北低差异的增大,本已是区域内热岛最强、污染最重的广佛都市圈,大气环境将面临极大的挑战。

围绕珠三角大气环境问题,本文选取了珠三角 20 个气象站 1964—1983 年的风资料,分析珠三角城市群风场风向、风速分布特征,并利用经验正交函数(EOF)进行地面风场的空间分类。根据地面风场与城市化的特点,尝试提出珠三角风道与风道枢纽段的概念,希望在珠三角城市群规划中通过对未来风道宽度以及枢纽段建筑物高度与密度的控制,以优化城市群空气环境、减缓热岛强度。

1 测站的选择与数据来源

以珠三角城市群为主体,选取珠江三角洲的广州、花都、从化、番禺、南海、增城、博罗、宝安、惠阳、顺德、三水、中山、高鹤、新会、台山、开平、高要、恩平、四会、上川岛等 20 个测站作为研究对象(图 1)。20 个观测站的 1960—1980 年代的风资料来自于广东气象台出版的《广东省地面气象年鉴》。在所选取的 20 个观测站中,只有广州、高要站做过较大的搬迁。其他测站风数据保持了较好的连续性,可以满足地面风场的分析。本文根据经验正交函数分解(EOF)进行空间模态划分的方法,分析珠三角地面风场的时空类型。

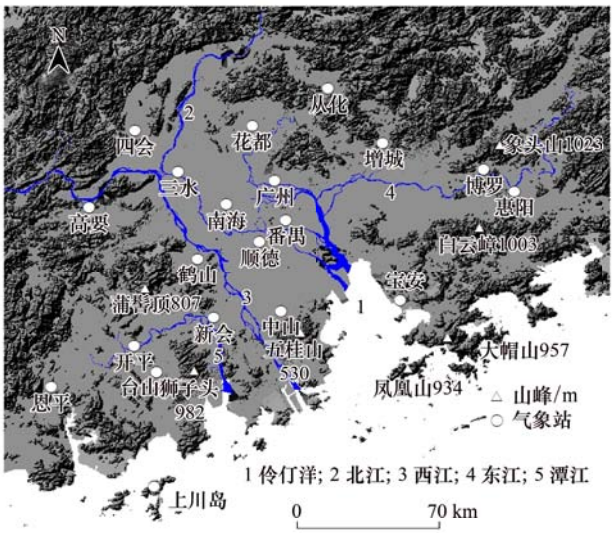


图 1 研究区范围及测站

Fig. 1 The study area and observation stations

2 珠三角地面风场特征

2.1 风向特征

对 20 个测站 1964—1983 年各月的风向数据进行统计分析,以各月风频最大的风向作为该地该月的主导风向,绘制出珠三角各代表月份多年平均风向(图 2)。10 月至翌年 2 月为冬季风,4—8 月为夏季风,3 月与 9 月为风向过渡月。将珠三角以珠江伶仃洋河道为界分为东西两岸,而西岸又以中山—高鹤一线分为珠三角西南与珠三角中北部两部分。这三部分实际上分属三块不同的地形区域。东岸主体为东江谷地;西岸西南部为潭江谷地,中北部为西江、北江平原。以 1 月代表冬季,东岸东部与西岸西南盛行东北风,其他区域为北风。以 7 月代表夏季,除了西南一隅的开平、恩平盛行南风外,其他大部分区域以东南风为主。4 月、9 月风向类似于 7 月与 1 月,只是风向稍有凌乱。很明显,东西向的东江谷地,多盛行偏东气流;西岸西南部形成相对独立的开平—恩平—台山盆地,同时有南与西南走向的河道,冬夏则有盛行南北向风系;中部地势地平,冬季为北风,夏季为东南风,反映区域背景风向的变化。地面风向受制于地形,但总体与区域背景风系一致。

2.2 风速特征

2.2.1 年均风速的分布

珠三角年平均风速有两个特点。首先是风速总体偏低。20 个测站年均风速为 2.37 m/s,其中年平均风速最大的上川岛为 4.94 m/s,其次为高鹤,年平均风速为 2.87 m/s,最小的地区为高要,仅 1.35 m/s。有 15 个测站年平均风速值大于 2 m/s,5 个站年平均风速小于 2 m/s。青岛近百年来的平均风速达 5.3 m/s,上海松江站年平均风速也达到了 3.5 m/s。根据中国年均风速分布,与其他城市群比较,京津唐与长三角为 4—2 m/s,珠三角为 3—2 m/s。由此可见,珠三角无论是从单个城市还是从整个城市群尺度来看,风速均较低。其次,从空间分布特征来看,风速南高北低;中间高、两侧低。从珠三角南部沿海的 3 m/s 向北降低到北部从化、四会的 1 m/s。以上川岛为高风速的中心,形成上川岛—高鹤—三水组成的高风速轴,达到 2.5 m/s 左右,向两侧降低;广州—从化—四会—高要为低风速带,风速约为 1 m/s。值得注意的是,台山地处高风速轴带内,但是受盆地的影响,形成高风速区内的低中心(图 3)。

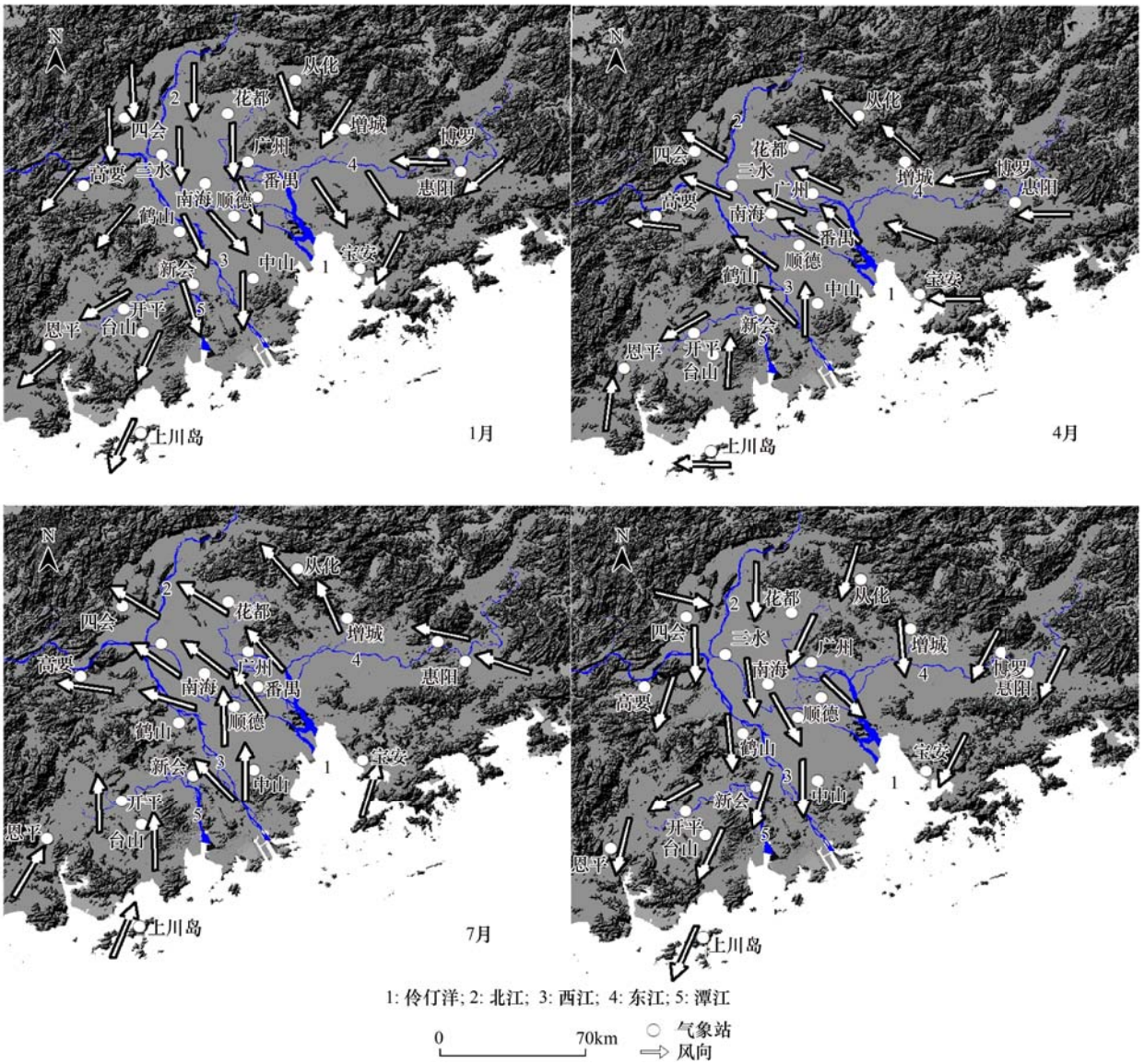


图 2　珠三角风向的季节变化

Fig. 2　The seasonal variation of the wind direction of the pearl river delta

2.2.2　年均风速的变化趋势

对珠江三角洲 20 个观测站 1964—1983 年年平均风速作回归分析表明,上川岛、新会、番禺、中山四个站年平均风速有增大趋势,其中上川岛、新会增大较快;另两个增加趋势小。其他站点都呈现出不同程度的减小趋势,南海、恩平、惠阳、广州减小趋势系数较大。从 1974 年开始,花县、广州、顺德、三水、南海、从化、高鹤、开平、高要、惠阳、四会减小趋势明显;番禺、上川岛、恩平、博罗、中山、增城、台山减小趋势不明显;新会、宝安(特别 1977 年后快速增大)则略有上升。总之,1964—1983 年北部逐渐降低,南部增高的趋势加强了珠三角南高北低的风速差异(图 4)。

2.2.3　四季风速的变化类型

对珠江三角洲 20 个站点 1964—1983 年的月平均风速按一年 12 个月进行经验正交函数展开,1 月、4 月、7 月和 10 月第一主成分贡献分别为 76%、79.9%、79.2% 和 71.3%。第一主成分的方差贡献都占总体方差的 70% 以上,风场收敛很快,表明第一个主成分及其特征向量可较好地表征风场特征。第一特征向量表明,10 月到 2 月的特征向量值比较大,在 0.3 以上,10—1 月最高,约 3.8。而 3 月到 9 月的特征向量值比较小,都在

0.2 左右,8 月最低,为 0.18。这反映了珠江三角洲风场普遍都有冬季风速大,夏季风速较小,春秋季过渡的特点。根据季平均风速计算结果,可将 20 个台站划分为 3 种类型:首先是冬季风速大,夏季风速小,春秋季过渡。如广州、增城、惠阳、三水、高鹤、台山、上川岛、宝安、新会、从化、开平;其次是各季节风速比较均匀,如高要、南海、顺德 、花都、番禺、恩平;第三种为夏季风速大,冬季风速小,春秋季过渡。以博罗、四会、中山为代表,该类型站点只有 3 个,其中,博罗、四会地处珠三角外围,季节类型分布的空间规律不明显。但总体上,珠三角以冬季风速高或四季均匀的类型为主。由夏季到冬季,珠三角风速由低变高,较高风速的区域逐渐增多。

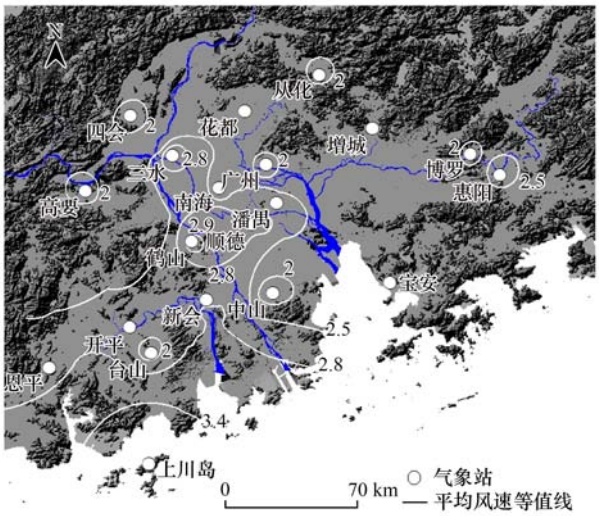


图 3 珠三角 1964—1983 平均风速

Fig. 3 Wind speed of the pearl river delta from 1964 to 1983

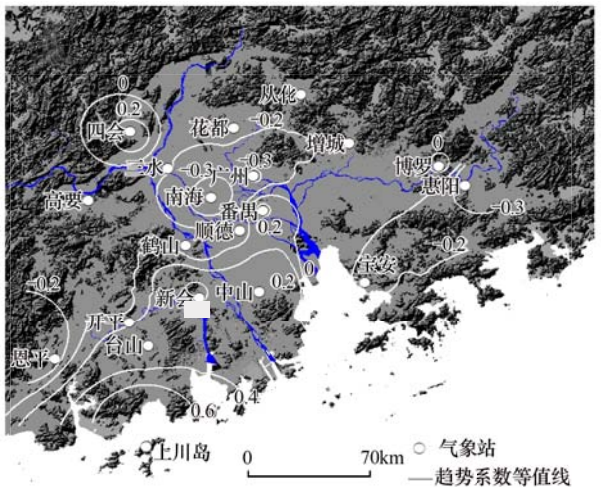


图 4 珠三角年平均风速变化趋势($m \cdot s^{-1} \cdot 10a^{-1}$)

Fig. 4 The annual wind speed variation tendency of the pearl river delta

3 珠三角地面风场的空间类型

对年风速进行 EOF 分析,第一主成分的方差贡献就占总体方差的一半以上(86.9%),前 4 个主成分累积贡献率达 97.5%。EOF 分解的第一特征向量及对应的时间系数的分布反映了珠三角地区平均风速的主要空间分布特征及其演变趋势。以中山—番禺—三水—高要为界,以东第一特征向量值为“+”,以西为“-”。两侧年平均风速呈反相关关系。界线西南方的上川岛、台山等地特征向量为“-”,故一直风速较高。界线东北方向的广州、高要等地特征向量为“+”,为低风速区。根据风速 EOF 第一空间模态,结合风向与地形,可将珠三角风场由南向北依次划分为全年较高风速区、中风速区和低风速区三类(图 5)。高风速区为潭江谷地,风速 4—3 m/s,上川岛为高风速区的中心,在整个珠三角最高接近 5 m/s。夏季盛行偏南风,冬季偏北风。台山为低中心。广大的珠三角中北部属于 3—2 m/s 中等风速区。其中,高鹤、三水为处于与季风流向相同的河流谷底,形成高中心。相反,中山为低中心。除此以外的区域,珠三角的东岸以及珠三角北部属于低于 2 m/s 的低风速区,广州、博罗、从化、四会和高要形成整个区域的低中心,风速约为 1.5 m/s。总体上,地面风场受背景风向与地形的制约,珠三角风速南高北低、西岸高于东岸;西岸西南部夏季多南风,东岸全年多东风,珠三角中北部冬季为北风,夏季为东南风。南高北低的风速格局,是影响珠三角大气环境质量的重要背景因素。

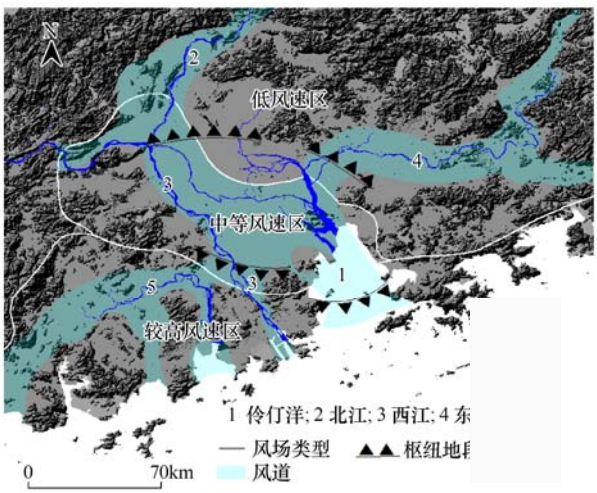


图 5 珠三角地面风场空间类型与风道

Fig. 5 The spatial types and wind corridors of surface wind field in the pearl river delta

4　珠三角城市群风道的构建

城市边界层高度在 1 km 左右,近地面风场主要受制于地形与城市的立体形态。风道是城市群边界层内空气流动的主要通道,对大气质量的优化起重要的作用。根据空间尺度以及在区域中发挥的作用,珠三角城市群应由多级风道与风道枢纽地段组成(图 5)。风道依托于东、西、北江构成的珠江河谷发育并受到城市立体形态的塑造。

北江三水—清远段、西江三水—磨刀门段盛行西北/东南风,而潭江则为南风与东北风向。主河道走向与盛行风向一致,加强了盛行风的强度。只有东江谷地 4 月与 7 月盛行与河道一致的东风,1 月与 10 月吹偏北风与东风。因此,珠三角尺度较大的应有伶仃洋、西江、北江、东江和潭江四条一级风道。伶仃洋—虎门—狮子洋—广州水道组成的珠江风道,南部伶仃洋段宽约 40 km,入口处夹持在两侧 500—900 m 丘陵之间,是珠三角最宽敞的风道,直接影响广佛都市圈的大气环境质量,为珠三角最重要的风道。磨刀门—九江—三水组成的西江风道、清远—三水组成的北江风道、以及崖门—潭江—江门组成的潭江风道宽度在 10 km 左右,它们又分别影响着珠三角北部、中部和西部的大气环境。东江风道夹持在北部飞云顶(1281 m)、象头山 1023 m)与南部的大岭上(530 m)、白云蟑(1003 m)之间,属于次一级的盆地,制约着惠州、东莞与广州的空气流通。此外,根据珠江水系的宽度与季风走向间的关系,以及各城市建成区内部主干道路两侧的建筑物构成 100—200 m 宽的“峡谷”,可确定为次一级的风道,它们共同影响着城市内部的大气环境。

根据风道与风向的协调程度,风道应有常年与季节风道之别,他们对空气质量的优化作用不同。从风向与河道走向的关系上,珠三角西江、伶仃洋段与潭江河谷,河道走向与区域背景风向一致为常年风道,也正是这样,上川岛—高鹤—三水形成了珠三角的高风速轴,常年空气流动通畅;而北江与东江谷地,既有同背景风向一致的月份,也有谷地走向与风向垂直的时候,属于季节风道。冬季风主导时,北江谷地走向与风向一致,会加强风道风速;而此时的东江谷地与风向垂直,风速减缓风向不稳定;反之,东南季风主导时东江谷地风道作用明显,而北江谷地风道风速减缓。

近百年以来,珠三角城镇由过去孤立的点,扩张成城市连绵带,低平区域逐渐被填充;城镇建筑物高度由 3 m 左右,提高到现在 30—100 m 的高度。超高建筑兴起与建筑密度的增加,不但阻塞了风道降低了空气的通畅性,增加了污染与热岛发生的几率;同时,近水高层建筑群的出现使部分河谷变窄,部分风道向峡谷形式转化。如逢特殊天气如台风、寒潮大风,峡谷风的出现,又会加剧超高建筑、桥梁等设施的灾害风险。因此,珠三角也存在制约与加强风场的枢纽地段。

珠三角城市群以广佛都市圈为中心,通过广佛向东莞—深圳、南海—中山、顺德—中山—江门、鹤山—高明、三水—肇庆向四周辐射,构成了以广佛主城区为高度与密度中心,二级城市为次一级高度与密度中心,沿交通线作为高度轴向外辐射的放射网格状的城市立体形态。城市组团将珠三角分割为次一级的格网盆地,成为城市群立体形态的典型特征。广佛—三水与肇庆连接,使得清远到三水的北江河段孤立;广州黄埔—罗岗与东莞的连接,闭塞了东江谷地博罗—狮子洋段;广佛与高明、广佛与鹤山、中山与江门城市组团将阻断了西江—磨刀门水道的通畅与潭江北进的气流;可以预见,未来伶仃洋—狮子洋周边建筑的增加将会降低整个珠三角空气通畅性;恩平、开平、新会城市的增高,将使潭江风道成为孤立的几个盆地。枢纽地段河道两侧高层建筑的矗立会引起河道的狭管效应,特别是位于风速较高的伶仃洋、潭江谷地、海岸带与北江谷地,特殊天气下的风灾害风险会增加。因此,广州—三水段、黄埔—东莞段、中山—江门段以及伶仃洋段是影响整个珠三角大气环境质量的风道枢纽地段。在城市规划中对枢纽段超高建筑群进行风环境影响的评价,对枢纽段河道宽度、建筑物高度与密度的控制,将有助于提高珠三角城市群的空气质量,并防范下垫面粗糙度改变引起的峡谷风的新风险。

5　结论与讨论

呈缺口盆地地形的珠三角风速较低。风速南高北低、西岸高于东岸;西岸西南部夏季多南风,东岸全年多东风,其他区域冬季为北风,夏季为东南风。1964—1983 年风速北部逐渐降低,南部增高的趋势加强了珠三

角南北风速的差异。可将珠三角风场由南向北依次划分为较高风速区、中风速区和低风速区三类。珠三角城市群应构建多级风道,且风道还有常年与季节之别:伶仃洋、西江、潭江河谷应属于一级常年风道;北江和东江为一级季节风道。广州—三水段、黄埔—东莞段、中山—江门段以及伶仃洋段是影响整个珠三角大气环境质量风道的枢纽地段。

伶仃洋—虎门—狮子洋组成的珠江,是珠三角最宽敞的风道,理应同西岸的上川岛—高鹤—三水组成的风速轴合为一体,但目前缺乏测站资料,需要今后补充数据完善分析。

尽管珠三角河网纵横交错,但西岸水道主要呈西北向东南的格局,次一级的水道有虎门、蕉门和横门等。珠江河道西北东南走向的格局,确定了土地资源空间配置的基本骨架。珠三角已有“绿道”和“水道”规划,而“风道”、“绿道”和“水道”相重合,它们共同构成了生态廊道。通过风道规划增加空气的水平流动,降低城市群污染物的集聚,减缓热岛强度;基于生态廊道 “绿道”和“水道”,对耕地、园地、河流、河塘、与居民点合理配置,展现岭南水乡文化的景观特色;在生态走廊集中划定基本农田保护区,通过农地的连片化,建立现代高效农业生态园区;基于西北东南走向的交通用地,通过城镇体系和产业园区的配置,发挥现代制造业基地、交通与物流枢纽的功能。

References:

[1] Peng Z, Hu F. A study of the influence of urbanization of Beijing on the boundary wind structure. Chinese Journal of Geophysics, 2006, 49(6): 1808-1615.

[2] Oke T R, East C. The urban boundary layer in Montreal. Boundary-Layer Meteorology, 1971, 1(4): 411-437.

[3] Rizwan A M, Dennis L Y C, Liu C H. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental Sciences, 2008, 20(1): 120-128.

[4] Ashie Y, Ca V T, Asaeda T. Building canopy model for the analysis of urban climate. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1999, 81(1/3): 237-248.

[5] Lemonsu A, Masson V. Simulation of a summer urban breeze over Paris. Boundary Layer Meteorology, 2002, 104(3): 463-490.

[6] Li P, Wang S, Wang Y Y, Hao X Y, Wu X G, Yan H B, Lin Y D. “Micro-canyon effect”of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(10): 2888-2896.

[7] Miao S G, Wang X Y, Jiang W M, Xi W, Ji C P, Liu F H, Chen X Y. Impact assessment of urban sub-domain planning on the atmospheric environment. Plateau Meteorology, 2007, 26(1): 92-97.

[8] Chen Y, Jiang W M. Impact of Nanjing urban development on the boundary layer. Chinese Journal of Geophysics, 2007, 50(1): 66-73.

[9] Chen Y, Jiang W M, Guo W L, Miao S G, Chen X Y, Ji C P, Wang X Y. Study on the effect of the city group development in Pearle River Delta on local air pollutant dispersion by numerical modeling. Acta Scientiae Circumstantia, 2005, 25(5): 700-710.

[10] Wang X Y, Wang G T, Chen X Y, Fang X Y. Relationship between urban agglomeration development plan of pearl river delta and atmospheric environment. City Planning Review, 2005, 29(12): 29-33.

[11] Fan S J, Wang A Y, Fan Q, Liu J, Wang B M. Atmospheric boundary layer concept model of the Pearl River Delta and its application. Journal of Tropical Meteorology, 2005, 21(3): 286-292.

[12] Wang S L, Zhang Y H, Zhong L J, Li J L, Yu Q. Interaction of urban air pollution among cities in Zhujiang Delta. China Environmental Science, 2005, 25(2): 133-137.

[13] Li Q, Li F J, Ye Y X, Liu S W. The relationship between synoptic patterns and potential pollution and the density of surface air pollution over pear river delta. Journal of Tropical Meteorology, 1999, 15(4): 363-369.

参考文献:

[1] 彭珍, 胡非. 北京城市化进程对边界层风场结构影响的研究. 地球物理学报, 2006, 49(6): 1608-1615.

[6] 李萍, 王松, 王亚英, 郝兴宇, 武小钢, 阎海冰, 蔺银鼎. 城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响. 生态学报, 2011, 31(10): 2888-2896.

[7] 苗世光, 王晓云, 蒋维楣, 奚文, 季崇萍, 刘凤辉, 陈鲜艳. 城市小区规划对大气环境影响的评估研究. 高原气象, 2007, 26(1): 92-97.

[8] 陈燕, 蒋维楣. 南京城市化进程对大气边界层的影响研究. 地球物理学报, 2007, 50(1): 66-73.

[9] 陈燕, 蒋维楣, 郭文利, 苗世光, 陈鲜艳, 季崇萍, 王晓云. 珠江三角洲地区城市群发展对局地大气污染物扩散的影响. 环境科学学报, 2005, 25(5): 700-710.

[10] 王晓云, 汪光焘, 陈鲜艳,房小怡. 珠江三角洲城镇群发展规划与大气环境研究. 城市规划, 2005, 29(12): 29-33.

[11] 范绍佳, 王安宇, 樊琦, 刘吉, 王宝民. 珠江三角洲大气边界层概念模型的建立及其应用. 热带气象学报, 2005, 21(3): 286-292.

[12] 王淑兰, 张远航, 钟流举, 李金龙, 于群. 珠江三角洲城市间空气污染的相互影响. 中国环境科学, 2005, 25(2): 133-137.

[13] 李琼, 李福娇, 叶燕翔, 刘树旺. 珠江三角洲地区天气类型与污染潜势及污染浓度的关系. 热带气象学报, 1999, 15(4): 363-369.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 18 September, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Hyperspectral characteristics of typical subtopical trees at different levels of simulated acid rain ····· SHI Qilong, JIANG Hong, CHEN Jian, et al (5621)
Wind fields and the development of wind corridors in the urban metropolis of the Pearl River Delta ····· SUN Wu, WANG Yiming, WANG Yuelei, et al (5630)
Dynamics of canopy structure and understory light in montane evergreen broadleaved forest following a natural disturbance in North Guangdong ····· OU Yuduan, SU Zhiyao (5637)
The influence of 4 species of preys on the development and fecundity of *Orius similis* Zheng ····· ZHANG Changrong, ZHI Junrui, MO Lifeng (5646)
Woody seedling regeneration in secondary succession of monsoon broad-leaved evergreen forest in Puer, Yunnan, Southwest China ····· LI Shuaifeng, LIU Wande, SU Jianrong, et al (5653)
Scale-dependent spatial variation of species abundance and richness in two mixed evergreen-deciduous broad-leaved karst forests, Southwest China ····· ZHANG Zhonghua, HU Gang, ZHU Jiedong, et al (5663)
The spatial heterogeneity of soil nutrients in a mid-subtropical *Castanopsis kawakamii* natural forest ····· SU Songjin, LIU Jinfu, HE Zhongsheng, et al (5673)
Effects of *Vetiveria zizanioides* L. growth on chemical and biological properties of copper mine tailing wastelands ····· XU Decong, ZHAN Jing, CHEN Zheng, et al (5683)
Effects of different irrigation regimes on characteristics of transpiring water-consumption of three desert species ····· SHAN Lishan, LI Yi, ZHANG Ximing, et al (5692)
The response of euhalophyte *Salicornia europaea* L. to different nitrogen forms ····· NIE Lingling, FENG Juanjuan, LÜ Sulian, et al (5703)
Dynamic analysis on spatial pattern of dominant tree species of cold-temperate coniferous forest in the succession process in the Pangquangou Nature Reserve ····· ZHANG Qindi, BI Runcheng, ZHANG Jintun, et al (5713)
Effects of AM fungi on the growth and nutrients of *Salvia miltiorrhiza* Bge. under different soil water and fertilizer conditions ····· HE Xueli, MA Li, MENG Jingjing, et al (5721)
The dynamics of soil respiration in a winter wheat field with plastic mulched-ridges and unmulched furrows ····· SHANGGUAN Yuxian, SHI Ripeng, HAN Kun, et al (5729)
Cattle dung composted by different methods had different effects on the growth and quality of soybean ····· GUO Liyue, LIU XueMei, ZHAN Lijie, et al (5738)
Nitrogen budget modelling at the headwaters of Urumqi River Based on the atmospheric deposition and runoff ····· WANG Shengjie, ZHANG Mingjun, WANG Feiteng, et al (5747)
Evaluating the ecosystem sustainability of circular agriculture based on the emergy theory: a case study of the Xingyuan circular agriculture demonstration site in Fuqing City, Fujian ····· ZHONG Zhenmei, WENG Boqi, HUANG Qinlou, et al (5755)
Effects of cold exposure and recovery on viability and energy consumption in the sub-adult female giant spiny frogs (*Paa spinosa*) ····· LING Yun, SHAO Chen, XIE Zhigang, et al (5763)
A comparison of night-interruption on diapause-averting among two populations of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* ····· CHEN Yuansheng, TU Xiaoyun, CHEN Chao, et al (5770)
Effects of soil erosion control measures on soil organic carbon and total nitrogen in a small watershed ····· ZHANG Yanjun, GUO Shengli, NAN Yafang, et al (5777)
Comparative analysis of Lugu Lake watershed ecosystem function under different management authorities ····· DONG Rencai, GOU Yaqing, LI Siyuan, et al (5786)
Relationship between fish community diversity and environmental factors in the Lianjiang River, Guangdong, China ····· LI Jie, LI Xinhui, JIA Xiaoping, et al (5795)
Effect of dissolved oxygen level on metabolic mode in juvenile crucian carp ····· ZHANG Wei, CAO Zhendong, FU Shijian (5806)
Community composition of net-phytoplankton and its relationship with the environmental factors at artificial reef area in Xiangshan Bay ····· JIANG Zhibing, CHEN Quanzhen, SHOU Lu, et al (5813)
Emergy appraisal on the loss of ecosystem service caused by marine reclamation: a case study in the Taozi Bay ····· LI Ruiqian, MENG Fanping (5825)
Assessing the visual quality of urban waterfront landscapes: the case of Hefei, China ····· YAO Yumin, ZHU Xiaodong, XU Yingbi, et al (5836)

Review and Monograph

Advances in ecological genomics ····· SHI Yongbin, LI Junmin, JIN Zexin (5846)
Advances in studies of ecological effects of ocean acidification ····· WANG Siru, YIN Kedong, CAI Weijun, et al (5859)
Advances in feeding ecology of *Acartia* ····· HU Simin, LIU Sheng, LI Tao, et al (5870)
Research progress on ammonia-oxidizing microorganisms in estuarine ecosystem ····· ZHANG Qiufang, XU Jirong, SU Jianqiang, et al (5878)
Recent progress in research on neutrophilic, microaerophilic iron(Ⅱ)-oxidizing bacteria ····· LIN Chaofeng, GONG Jun (5889)
A comparison study on primary production in typical low-latitude seas (South China Sea and Bay of Bengal) ····· LIU Huaxue, SONG Xingyu, HUANG Honghui, et al (5900)
Advances in leaf maximum carboxylation rate and its response to environmental factors ····· ZHANG Yanmin, ZHOU Guangsheng (5907)
10-years of bird habitat selection studies in mainland China: a review ····· JIANG Aiwu, ZHOU Fang, QIN Yue, et al (5918)

Scientific Note

The effects of incubation temperature on embryonic metabolism and hatchling behavior in the Red-banded Snake, *Dinodon rufozonatum* ····· SUN Wenjia, YU Xiao, CAO Mengjie, et al (5924)
Sensitivity analysis and dynamics of soil microbial biomass carbon, nitrogen and related parameters in red-yellow soil of tea garden with different fertilization practices ····· WANG Limin, QIU Shanlian, LIN Xinjian, et al (5930)
Effect of fertilizers on cd uptake of two edible amaranthus herbs ····· LI Ningyu, LI Zhian, ZHUANG Ping, et al (5937)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933　　CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址: 100085 北京海淀区双清路 18 号　**电　　话**: (010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@ rcees. ac. cn　　**网　　址**: www. ecologica. cn

编辑部主任　孔红梅　　**执行编辑**　刘天星　段　靖

生　态　学　报
(SHENGTAI　XUEBAO)
(半月刊　1981 年 3 月创刊)
第 32 卷　第 18 期　(2012 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32　No. 18 (September, 2012)

编　　辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www. ecologica. cn shengtaixuebao@ rcees. ac. cn
主　　编	冯宗炜
主　　管	中国科学技术协会
主　　办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085
出　　版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1R00717
印　　刷	北京北林印刷厂
发　　行	科学出版社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg. net
订　　购	全国各地邮局
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044
广告经营许可证	京海工商广字第 8013 号

Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www. ecologica. cn Shengtaixuebao@ rcees. ac. cn
Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
Supervised by	China Association for Science and Technology
Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg. net
Domestic	All Local Post Offices in China
Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China

ISSN 1000-0933　CN 11-2031/Q　　国内外公开发行　　国内邮发代号 82-7　　国外发行代号 M670　　定价 70.00 元