

# 上海市郊沿海防护林防护效应的研究

王宗星<sup>1</sup>, 虞木奎<sup>1,①</sup>, 成向荣<sup>1</sup>, 朱春玲<sup>2</sup>, 汪杰<sup>3</sup>, 张翠<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 上海市林业总站, 上海 201300; 3. 上海市南汇林业站, 上海 200072)

**摘要:** 为分析上海市郊沿海防护林的防护效应, 于 2009 年夏季对人民塘水杉 (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) 基干林带前后不同观测点的风速、气温和空气相对湿度等气候因子进行了观测, 并对该林带前后 1 km 处的防台风效应进行了比较; 另外, 以滨海森林公园的紅葉椿 (*Ailanthus altissima* ‘Hongye’) 林分为观测对象, 比较分析了林带内不同垂直高度处的防风效应。结果表明, 水杉基干林带具有明显的防风效果, 林带内至林带后 65 m 范围内的风速较林带前均有不同程度的下降, 以林带后 25 m 处的风速最低; 在“莫拉克”台风登陆期间, 水杉基干林带在较大尺度上具有明显的降低风速的作用; 水杉基干林带在一定程度上能降低局部气温、提高空气相对湿度, 以林带内的气温最低、空气相对湿度最高, 从而达到改善林后小气候的作用。紅葉椿林分内不同垂直高度处的防风效应有一定的差异, 其中垂直高度 2 m 处的风速最大, 而树冠处 (垂直高度 5 m) 的风速最低。

**关键词:** 沿海防护林; 防风效应; 小气候

中图分类号: S727.28.05; X171 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)03-0085-04

**Study on protection effect of coastal windbreak in Shanghai suburb** WANG Zong-xing<sup>1</sup>, YU Mukui<sup>1,①</sup>, CHENG Xiang-rong<sup>1</sup>, ZHU Chun-ling<sup>2</sup>, WANG Jie<sup>3</sup>, ZHANG Cui<sup>1</sup> (1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China; 2. Central Forestry Station of Shanghai City, Shanghai 201300, China; 3. Forestry Station of Nanhui District of Shanghai City, Shanghai 200072, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, **19**(3): 85-88, 96

**Abstract:** To analyze the protection effect of coastal windbreak in Shanghai suburb, the climatic factors including wind speed, air temperature and air relative humidity at different observation points before or after forest belt of *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng in People Pond of Shanghai were investigated in the summer of 2009, and the windbreak effect on typhoon at 1 km before or after *M. glyptostroboides* forest belt was also compared. Otherwise, the windbreak effect at different vertical heights of stand was analyzed by taking the forest belt of *Ailanthus altissima* ‘Hongye’ in Binhai Forest Park as investigation object. The results show that the forest belt of *M. glyptostroboides* in People Pond possesses obvious windbreak effect, and the wind speed in the range from inner to 65 m after forest belt decreases to a certain extent compared with that before forest belt, and the lowest wind speed at 25 m after forest belt. During the landing time of the typhoon “Morakot”, the forest belt of *M. glyptostroboides* has an obvious effect on weakening the typhoon in a larger scale. The windbreak belt of *M. glyptostroboides* also has an effect on reducing local air temperature and increasing air relative humidity, especially the lowest air temperature and the highest air relative humidity appear in inner forest belt, thus achieving the role of improving microclimate after forest belt. The wind speed at different vertical heights of *A. altissima* ‘Hongye’ stand is different, in which, the wind speed at 2 m vertical height is the highest while that at canopy (vertical height 5 m) is the lowest.

**Key words:** coastal windbreak; windbreak effect; microclimate

收稿日期: 2009-11-27

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2009BADB2B03; 2006BAD03A1403); 上海市和中国林业科学研究院合作重点项目(G069902)

作者简介: 王宗星(1985—), 男, 河北沧州人, 硕士, 主要从事沿海防护林的研究。

①通信作者 E-mail: yumukui@sina.com

上海市地处长江入海口,海岸线全长约 510.4 km,每年均受到海风侵袭,尤其是近年来由于温室效应加剧、极端天气不断增多,给当地居民的生活和生活造成了恶劣影响。因此,建设完善的沿海防护林体系,对缓解沿海地区生态环境恶化与海岸生态脆弱的状况,提高抵抗风暴、大潮、风沙及盐蚀等自然灾害的能力,进一步改善沿海居民的生活环境有着特别重要的意义<sup>[1]</sup>。早在 20 世纪 60 年代和 70 年代上海就建设了沿海防风林以抵抗台风和风暴潮的侵袭;改革开放以来,上海郊区林带面积大规模增加,并加强了沿海防风林和郊区北部生态林的营造,使上海市抗台风和寒潮的能力加强<sup>[2]</sup>。

多年来上海市林业总站对沿海防护林开展了一些防风效应研究<sup>[3-4]</sup>,但多数研究集中在林带前后近距离(数倍树高距离)的风速变化,而关于基于林带对较大范围的防护效果和林带的小气候效应方面的研究较少。鉴于此,作者以上海市南汇区沿海防护林为

研究对象,通过定位观测,研究了林带内外的风速变化规律及沿海防护林的防护效果,以期为沿海防护林的树种选择和结构配置优化提供参考依据。

## 1 样地概况和研究方法

### 1.1 样地概况

样地位于上海市南汇区书院镇东郊,距海 2~3 km。滨海森林公园样点位于北纬 30°58'12"、东经 129°54'40";公园总面积 358.7 hm<sup>2</sup>,其中,森林面积占 75%;地势平坦,林型丰富,以红叶椿(*Ailanthus altissima* 'Hongye')和乌桕[*Sapium sebiferum* (L.) Roxb.]等盐碱地适生树种为主,均于 2002 年营造。人民塘水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)基于林样点位于北纬 31°56'50"、东经 121°52'43",于 20 世纪 80 年代中期营造,基于林带宽约 50 m。2 个样点的基本概况见表 1。

表 1 上海市郊滨海森林公园和人民塘样点基本概况

Table 1 Plot status of Binhai Forest Park and People Pond in Shanghai suburb

样点 Plot	林型 Forest type	树高/m Height	胸径/cm DBH	枝下高/m Height under branch	冠幅/m Crown width	郁闭度 Canopy density	株距/m Plant spacing	行距/m Row spacing
滨海森林公园 Binhai Forest Park	红叶椿 <i>Ailanthus altissima</i> 'Hongye'	4.7	4.5	2.6	2.3	0.70	2	2
人民塘 People Pond	水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	13.2	20.7	8.0	2.4	0.85	3	3

### 1.2 研究方法

1.2.1 水杉基于林带防风效应及气温、空气相对湿度监测 于 2009 年 7 月 23 日至 8 月 2 日,在人民塘水杉基于林带与主害风垂直方向设置 1 条观测线,分别在林带前 65 m、林带前 25 m、林缘、林带内、林带后 25 m 及林带后 65 m 处设置观测点。采用 Kestrel 4000 便携式风速仪(美国 Nielsen-Kellerman 公司生产)监测各观测点垂直高度 2 m 处的风速、气温和空气相对湿度等气象因子。数据记录间隔时间为 30 min,连续重复观测 10 d,计算其平均值。

为明确人民塘水杉基于林带对更大范围内气象因素的影响,于 2009 年 6 月在水杉基于林带前和林带后各 1 km 的空旷处安装 2 台 Weather Hawk 自动气象站(美国 Campell Scientific 公司生产),进行气象要素的长期定位监测,数据记录间隔时间为 1 h,连续记录 3 个月。

1.2.2 林带内不同垂直高度防风效应监测 于 2009 年 7 月 23 日至 8 月 2 日,在滨海森林公园的红叶椿林内,以地面为参照,将 Kestrel 4000 便携式风速仪用竹竿分别固定在垂直高度 1、2、3、4 和 5 m 处,保持竹竿与地面垂直,以便记录林内不同高度的气象因子。数据记录间隔时间为 30 min,均重复观测 3 次。

### 1.3 数据处理

利用 Excel 2003 及 SPSS 17.0 软件分析防护林的相对风速、气温和空气相对湿度等数据。

## 2 结果和分析

### 2.1 水杉基于林带的防风效应

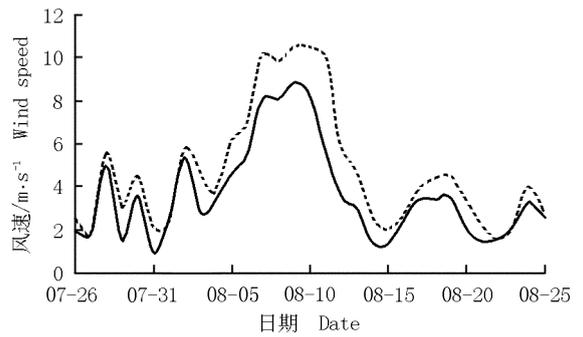
人民塘水杉基于林带各观测点的相对风速见表 2。由表 2 可知,以林带前 65 m 处作为对照,各观测点的风速均下降,其中林带后 25 m 处的风速最低;从

林带前 65 m 处至林带后 25 m 处,风速呈逐渐下降趋势;而从林带后 25 m 至林带后 65 m 处,风速则呈迅速上升的趋势。分析其原因是:当低层气流在行进中遇到基于林带时,由于受到林带的阻挡作用,一部分气流从林带的间隙通过,另一部分气流被迫抬升从林带上方通过,故在林缘处风速较林带前 65 m 处减弱了 43%;而穿过林带的气流受到树干、树枝碰撞磨损作用以及枝条对机械能的损耗,使林带内的风速大大减弱,比林带前 65 m 处的风速下降了 58%;由于气流的乱流作用,使林带后 25 m 处的风速减弱至最低,风速较林带前 65 m 处下降了 65%,形成了一个弱风区;在林带后 25 m 处,由于上层气流和穿透林带的气流汇合,风速又逐渐提高,至林带后 65 m 处风速已增至林带前 65 m 处的 60%。由于条件所限,林带后 65 m 以后的区域没有设置观测点,但根据上述风速变化趋势推测:在林带后 65 m 以后的区域风速会逐渐恢复至林带前 65 m 处的水平。

表 2 人民塘水杉基干林带前后不同距离观测点的相对风速  
Table 2 Relative wind speed of different observation points at different distances from windbreak of *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng in People Pond

观测点 Observation point	相对风速 Relative wind speed
林带前 65 m At 65 m before forest belt	1.00
林带前 25 m At 25 m before forest belt	0.89
林缘 Forest edge	0.57
林带内 Inner forest	0.42
林带后 25 m At 25 m after forest belt	0.35
林带后 65 m At 65 m after forest belt	0.60

人民塘水杉基干林带前 1 km 和林带后 1 km 处自动气象站的长期观测数据显示,水杉基干林带对台风有明显的削弱作用,2009 年 7 月 26 日至 8 月 25 日“莫拉克”台风前后人民塘水杉基干林带前 1 km 和林带后 1 km 处风速的比较见图 1。由图 1 可知,7 月 26 日至 8 月 5 日风速较低,风速的日变化较为缓和,林带后 1 km 处风速略低于林带前 1 km 处,但差异不明显;从 8 月 5 日开始,受“莫拉克”台风影响,林带前 1 km 处和林带后 1 km 处的风速均急剧上升,至 8 月 10 日达最大值,8 月 11 日后风速逐渐下降,恢复至“莫拉克”台风影响前的水平。结果表明,台风影响期间林带的减风效应显著,林带后的风速明显低于林带前,林带后 1 km 处的平均风速较林带前 1 km 处减弱 22%,有效降低了台风的灾害。



— 林带后 After forest belt; ..... 林带前 Before forest belt.

图 1 “莫拉克”台风对人民塘水杉基干林带前 1 km 和林带后 1 km 处风速的影响

Fig. 1 Effect of “Morakot” typhoon on wind speed at 1 km before or after windbreak of *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng in People Pond

## 2.2 水杉基干林带的小气候效应

2.2.1 降温效应 林带可降低林分内部及林后一段距离内的空气温度。地面吸收的太阳辐射一部分通过热传导传到地下,另一部分通过长波辐射使近地层空气增温,然后通过湍流交换输送到上层大气中。由于林带减弱了湍流作用,使得林分内部及林后一段距离内的空气温度不会因为地表温度的升高而显著升高<sup>[5]</sup>。

人民塘水杉基干林带前后不同距离观测点的气温见表 3。由表 3 可知,从林带前 65 m 处到林带前 25 m 处、至林缘直至林带内的气温呈逐渐下降的趋势,其中林带前 65 m 处的气温最高,达到了 35.6 °C;随着林带前观测点与林带距离的逐渐缩短,林带前各观测点的气温逐渐下降,至林缘处的气温较林带前 65 m 处下降了 0.7 °C,降温效应明显;林带内的气温则最低,为 34.0 °C,较林带前 65 m 处降低了 1.6 °C,降温效应加强;而林带后 25 m 和林带后 65 m 处的气温则升高,但与林带前 65 m 处无明显差异。可见,在夏季水杉基干林带内的降温效应较林带后明显。其原因可能是人民塘水杉基干林带为南北方向栽植,在炎热的夏季正午不能为林带后方产生有效的庇荫,导致林带后的气温较高、降温效应较弱。

2.2.2 增湿效应 防护林带在一定范围内具有提高空气相对湿度的作用。由于林带的防风效应,林带内和林带后风速明显减弱,气流交换缓慢,土壤及地被植物蒸发的水汽不易扩散,致使林带内以及林带后一定范围内的空气相对湿度维持在较高的水平<sup>[6]</sup>。

人民塘水杉基干林带前后不同距离观测点的空气相对湿度也见表 3。由表 3 可知,林带前 65 m 处的空气相对湿度最低,为 71.59%;随着林带前观测点与林带距离的逐渐接近,空气相对湿度逐渐增加,到达林带内时空气相对湿度最高,为 80.42%,较林带前 65 m 处提高了 12.3%,增湿效应明显加强;而林带后 25 和 65 m 处的空气相对湿度则逐渐下降,但仍比林带前 65 m 处分别提高了 11.5% 和 6.6%。可见,林带内和林带后的增湿效应均较明显。

表 3 人民塘水杉基干林带前后不同距离观测点的气温和空气相对湿度

Table 3 Air temperature and air relative humidity of different observation points at different distances from windbreak of *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng in People Pond

观测点 Observation point	气温/℃ Air temperature	空气相对湿度/% Air relative humidity
林带前 65 m At 65 m before forest belt	35.6	71.59
林带前 25 m At 25 m before forest belt	35.2	72.83
林缘 Forest edge	34.9	75.31
林带内 Inner forest	34.0	80.42
林带后 25 m At 25 m after forest belt	35.4	79.80
林带后 65 m At 65 m after forest belt	35.3	76.33

### 2.3 红叶椿林分内不同垂直高度的防风效应

林分内不同垂直高度处的空间结构不同,防风效应也存在一定的差异。在滨海森林公园红叶椿林分内不同垂直高度处的风速见图 2。由图 2 可知,在垂直高度 1~2 m 处,随着垂直高度的上升,地表对风的摩擦作用逐渐减弱,风速逐渐加强,在垂直高度 2 m 处风速基本达到最高,为  $1.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;在垂直高度 3 m 处,虽然地表对风的摩擦作用很小且尚未达到林冠

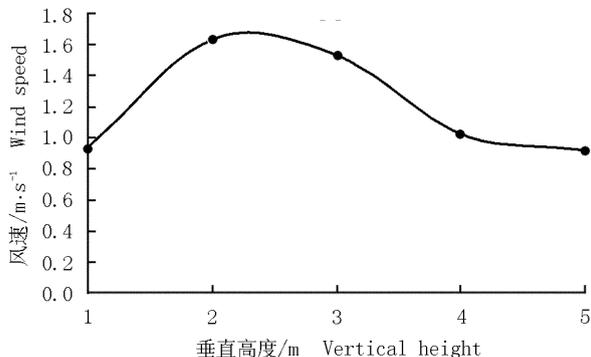


图 2 滨海森林公园红叶椿林分内不同垂直高度处的风速  
Fig. 2 Wind speed at different vertical heights of *Ailanthus altissima* 'Hongye' stand in Binhai Forest Park

层,但由于树木开始分枝,枝叶对风产生摩擦作用,使得风速较垂直高度 2 m 处低;垂直高度升高至 4 m,即到达林冠层时,枝叶对风的摩擦阻挡作用加剧,风速更低,比垂直高度 3 m 处下降了 40%;垂直高度 5 m 处依然处于林冠层,此处的风速与垂直高度 4 m 处相比变化不大。由此可见,林分内不同垂直高度处的风速有明显的变化,而用树干下部侧枝较少的红叶椿林分构建疏透型防风林较为适宜。

## 3 讨论和结论

本文的研究结果表明,人民塘水杉基干林带具有明显的防风效应,林带内及林带后 65 m 范围内的风速较林带前均有不同程度的下降,以林带后 25 m 处的风速最低。在台风“莫拉克”登陆期间,人民塘水杉基干林带后 1 km 处的风速明显被削弱,林带后 1 km 处的平均风速较林前减弱 22%,有效降低了台风灾害。叶功富等<sup>[7]</sup>的研究结果表明,在木麻黄 (*Casuarina equisetifolia* L.) 海岸基干林带内风速最低,防风效应的空间分布呈平滑的曲面状,在林带前呈下凹式,林带后呈上升式,整体呈中间低两边逐渐升高的槽状。而水杉基干林带的防风效应与木麻黄林分有一定的差异,这可能是由于林分结构不同造成的:木麻黄枝下高较低,林分郁闭度高,能起到更好的防风效应;而水杉的枝下高较高,林下透风系数高,防风效应较弱。因此,具有沿海防护功能的水杉林带应构建多层复合林体系,优化结构配置,使其发挥更大的防护效能。

林带还具有降低局部空气温度、提高空气相对湿度及改善林带小气候的功能。人民塘水杉基干林带改善小气候的效应显著,林带内空气温度最低,空气相对湿度最大,气温较林带前 65 m 处降低了  $1.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、空气相对湿度则提高了 8.83 百分点。在林带后 65 m 范围内,林带的增湿效应虽然有所下降,但平均空气相对湿度仍较林带前 65 m 处提高了 9.0%;而林带后的降温效应不明显则可能与林带的栽植方向及季节影响有关。

紧密结构、疏透结构和通风结构是防护林的 3 种基本结构类型,其中透风系数在 0.4~0.5、疏透度在 30%~50% 的林带为疏透结构。疏透型林带内风速变化平缓、有效防护距离大、防风效果好,因而得到了