

“山竹”台风对深圳前湾片区5个公园园林树木的影响

The Impact of Typhoon Mangkhut on Garden Trees in Five Parks in Qianwan District, Shenzhen

朱炫熹 谭广文* 毛伟才

ZHU Xuan-xi, TAN Guang-wen*, MAO Wei-cai

摘要:以深圳前湾片区5个公园中的50种园林树木为调查研究对象,选取6个风害受损特征指标,采用层次分析法和模糊综合评价法对园林树木进行风灾后抗风性的调研分析与评价。结果表明,园林树木风害受损率与树高、冠高、冠幅、根系状况、抗弯强度和支撑条件均呈极显著相关性,与顺纹抗压强度和病虫害情况呈显著相关性;新建项目中,抗风表现良好的园林树木多为小乔木,而抗风表现较差的多为存在树木“头重脚轻”现象的树木。最后,总结降低园林树木台风损害的对策和树木配置优化措施。

关键词:园林树木;抗风性;新移栽;公园;深圳前湾片区

中图分类号:S688

文献标志码:A

文章编号:1671-2641(2022)03-0080-04

收稿日期:2021-10-05

修回日期:2022-01-07

Abstract: Taking 50 kinds of garden trees in 5 parks in Qianwan District of Shenzhen as the research object, this paper selects 6 wind damage characteristic indicators, and uses analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy comprehensive evaluation method to investigate and evaluate the wind resistance of garden trees after wind disaster. The results show that the wind damage rate of garden trees is significantly correlated with the tree height, crown height, crown width, root system, flexural strength and support conditions, and is significantly correlated with compressive strength along the grain and pest and disease conditions. In new projects, garden trees with good wind resistance phenotype are mostly small trees, while those with poor wind resistance are mostly trees with a "top-heavy" phenomenon. Finally, the paper summarizes the countermeasures to reduce the typhoon damage to garden trees and the optimization measures of tree allocation.

Key words: Garden trees; Wind resistance; Newly Transplanted; Park; Qianwan District, Shenzhen

华南地区受热带气旋影响严重,台风侵袭频繁,滨海城市的园林植被常受到破坏,影响了城市景观风貌,给城市经济带来难以预估的损失。2018年9月16日,超强台风“山竹”(14~15级)袭击深圳,造成深圳前海片区乔灌木倒伏与死亡约5 000株,直接绿化损失400多万元^[1]。

近几年,深圳树木抗风研究开展得如火如荼。目前较多的研究是根据树木风害受损情况,进行树木抗风能力内外影响因素的经验推测^[2-4],而新移栽或新种植园林树木的抗风能力,与其树高等内在因素和支撑条件等外在因素之间的相关联系的研究仍缺乏。

本文以前湾片区5个公园绿地中50种移栽龄仅2~3年的园林树木为研究对象,通过对“山竹”风灾后

的调查统计,分析园林树木的11个形态性状指标、2个材质性状指标和2个外部因素指标对其抗风能力的影响,并提出滨海地区公园绿地降低园林树木台风损害的对策和植物配置优化措施,以期为宜受台风侵袭的滨海城市的园林绿化建设提供参考。

1 园林树木风害受损情况

调查小组在2018年9月17—20日对前湾片区的前海石公园、紫荆园、前海门户公园、前海运动公园和前海中央公园(图1)中胸径(D)不小于8 cm的园林树木进行风害受损情况调查和拍照记录。截至台风发生时间,前湾片区公园中大多数园林树木的移栽龄为2~3年,少部分的种植年限为5年以上。

本次调查记录园林树木共3 331株,隶属于24科35属50种(恩格勒分类系统)。据统计,受损园林树木达2 919棵,总占比87.63%,受损情况包括主干断裂、主干倒伏、主干倾斜、枝梢断裂等;有12.37%的园林树木基本没有受到损害,数量占前三的为杨梅 *Morella rubra*、金蒲桃 *Xanthostemon chrysanthus* 和柳叶榕 *Ficus binnendijkii*。调研发现,园林树木栽植位置多为公园中空旷绿地的迎风面,方圆百米无建筑遮挡,不同园林树木所受到的风害程度不一。如散植在紫荆园中的120株红花羊蹄甲 *Bauhinia × blakeana* 都发生了主干倒伏和倾斜,群植在前海中央公园斜坡上的21株南洋楹 *Falcataria falcata* 成片主干折断和倾斜;部分园林树木如假苹婆 *Sterculia lanceolata*、小

叶榄仁 *Terminalia neotaliala* 和秋枫 *Bischofia javanica* 等则发生了枝干断裂和风斜风倒, 灾后及时扶正和养护就可成活; 少部分园林树木如卵果榄仁 *Terminalia muelleri* 等仅出现了小规模枝梢折断、树木尾端轻微风斜的现象, 灾后修复成本较低。

2 园林树木监测指标与风害受损评价体系

2.1 指标监测

采用每木调查法, 结合文献^[4-7]与实际调查, 选取相对稳定且能反映树木抗风能力的自身性状和外部因素进行调查记录(表1); 并按照主干断裂、主干倒伏(含连根拔起)、主干倾斜(倾斜角度 $\geq 30^{\circ}$ 且 $< 90^{\circ}$)、枝条折断(枝条直径 $\geq 2\text{ cm}$)、叶片脱落(叶片掉落量 $\geq 30\%$)和基本无损害(树木保持原状)6个风害受损等级, 记录各园林树木的受损情况。

2.2 风害受损评价模型建立

运用层次分析法(AHP法)确定园林树木风害受损指标权重, 根据各树种指标间的层次关系, 建立园林树木风害受损评价模型。第一层目标层(A)为园林树木受损评价, 第二层准则层(B)为受损程度, 第三层指标层(C)为6个风害损伤指标(表2)。

2.3 判断矩阵构建与一致性检验

采用1-9互反标度法对6个指标进行两两比较, 同层次指标的相对重要性程度结合行业专家意见得出。根据同层各指标间的相对重要性程度构建互反判断矩阵(表2), 运用yaahp10.1软件对矩阵进行一致性检验, 当 $CR < 0.1$ 时, 一般认为判断矩阵的一致性是可接受的, 从而得出园林树木风害受损评价模型中各指标的权重值 W_i 。

表2中目标层(A)对指标层(C)的权重值 W_i 由高到低依次排列为C1($W_1=0.475\ 0$)、C3($W_3=0.217\ 1$)、C2($W_2=0.158\ 3$)、C5($W_5=0.079\ 7$)、C4($W_4=0.043\ 4$)和C6($W_6=0.026\ 5$), 可见主干断裂、主干倾斜和主干倒伏

是园林树木遭受风害而发生折损的普遍现象。

2.4 风害受损情况综合评价

各树种的风害受损综合评分总值 Y :

$$Y = \sum_i^n G_i * W_i \quad (1)$$

其中, G_i 为各受损指标受损率, W_i 为各受损指标权重, Y 值越小代表树种抗风能力越强。

结果得出 Y 值介于0.053~0.217, 树种受损情况差异大, 其抗风能力不同。其中, 园林树木抗风表现

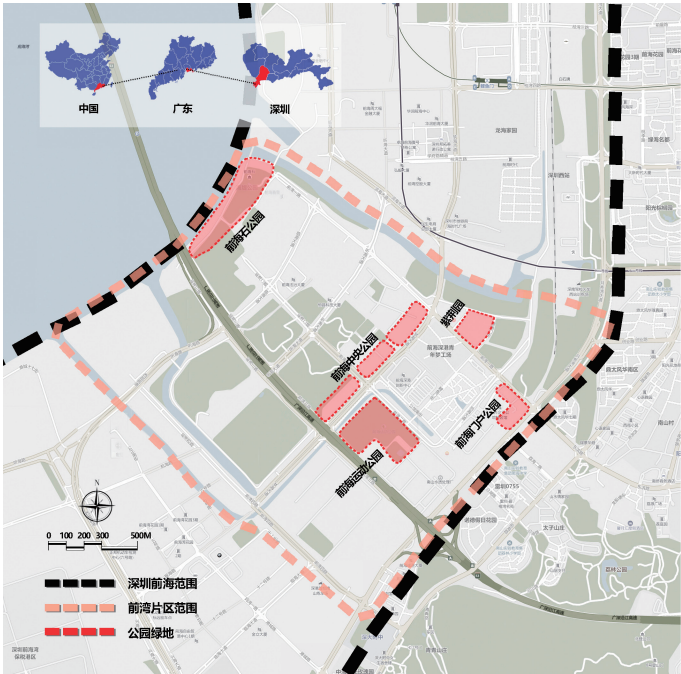


图1 深圳前海片区5个公园分布

表1 园林树木抗风能力相关指标

类别	指标	指标描述与赋值方法	数据来源
形态性状	树高/m	树木地面上根茎到树梢最高点间的垂直距离	实地测量
	胸径/cm	主干离地表面1.3 m处的直径	
	冠高/m	分枝点到树梢最高点间的垂直距离	
	枝下高/m	树木第一次分枝以下主干部分的高度	
	冠幅/m	树木的南北和东西方向宽度的平均值	
	分枝角/ $^{\circ}$	枝条与其着生主干间的夹角	
	冠形/分	开张(4)、圆锥(3)、圆柱(2)、扁圆球(1)	定性评分
	叶层状况/分	浓密(4)、密(3)、一般(2)、稀疏(1)	
	主干通直度/分	通直(4)、直(3)、欠通直(2)、歪斜(1)	
	枝条柔韧性/分	柔韧(4)、较好(3)、一般(2)、差(1)	
	根系状况/分	深且发达(4)、中且较发达(3)、一般(2)、浅且欠发达(1)	
材质性状	抗弯强度/Mpa	木材承受逐渐施加弯曲荷载的最大能力	《中国木材志》 ^[5] , 《东南亚热带木材》 ^[6]
	顺纹抗压强度/Mpa	木材受外部的压力与木材纤维方向平行产生抵抗外力压缩变形破坏能力时的强度	
	支撑条件/分	无(3)、木材(2)、钢材(1)	
外部因素	病虫害情况*/分	无感染(4)、 $\leq 30\%$ 感染(3)、 $> 30\%$ 且 $\leq 60\%$ 感染(2)、 $> 60\%$ 感染(1)	定性评分

注: “*”表示同一树种中感染病虫害的数量占总数的百分比

良好（Y值排名前6）的园林树木为杨梅（0.053）、木樨 *Osmanthus fragrans*（0.058）、柳叶榕（0.063）、金蒲桃（0.065）、狐尾椰子 *Wodyetia bifurcata*（0.069）、蒲桃 *Syzygium jambos*（0.069），抗风表现较差（Y值排名末6）的园林树木为蓝花楹 *Jacaranda mimosifolia*（0.174）、红花羊蹄甲（0.176）、龙牙花 *Erythrina corallodendron*（0.180）、南洋楹（0.181）、鸡冠刺桐 *Erythrina crista-galli*（0.212）、羊蹄甲 *Bauhinia purpurea*（0.217）。

3 抗风性相关性状对不同树种抗风能力的影响

3.1 抗风性相关性状与Y值的相关性分析

由相关文献可知^[4,7]，园林树木的抗风能力与其形态性状和材质性状相关。在SPSS26.0软件中对数据进行正态分布检验发现，大多数指标数据不符合正态分布，故树高、冠高、冠幅、抗弯强度和顺纹抗压强度采用皮尔逊相关性分析检验，对其余指标采用肯德尔相关性分析检验（表3），发现Y值与树高、冠高、冠幅、根系状况、抗弯强度和支撑条件均有极显著相关性（ $P < 0.01$ ），与顺纹抗压强度和病虫害情况显著相关性（ $P < 0.05$ ），而与胸径、枝下高、分枝角、冠形、叶层状况、主干通直度和枝条柔韧性均无显著相关性（ $P > 0.05$ ）。

3.2 关键性指标对园林树木抗风能力的影响

3.2.1 关键性指标相对权重赋值

结合表3中的相关性与相关系数，运用层次分析法得出关键性指标的相对权重值 W_i ，从大到小依次为抗弯强度（0.303 6）、冠幅（0.199 5）、支撑条件（0.150 0）、冠高（0.129 5）、树高（0.084 0）、根系状况（0.055 4）、病虫害情况（0.050 0）和顺纹抗压强度（0.028 0），其中园林树木抗风能力强弱与根系状况、抗弯强度、顺纹抗压强度、支撑条件和病虫害情况呈正相关，与树高、冠高和冠幅指标呈负相关。

表2 判断矩阵及一致性检验

层次模型	判断矩阵				层次单排序权重 W_i	一致性检验
A-B	A-Bi	B1	B2	B3		
	受损程度深B1	1	3	5	0.633 3	$\lambda_{\max}=3.038 7$ $CR=0.0372 < 0.1$
	受损程度中B2	1/3	1	3	0.260 5	
	受损程度浅B3	1/5	1/3	1	0.106 2	
B1-C	B1-Ci	C1	C2			$\lambda_{\max}=2$ $CR=0 < 0.1$
	主干断裂率C1	1	3		0.750 0	
	主干倒伏率C2	1/3	1		0.250 0	
B2-C	B2-Ci	C3	C4			$\lambda_{\max}=2$ $CR=0 < 0.1$
	主干倾斜率C3	1	5		0.833 3	
	枝条折断率C4	1/5	1		0.166 7	
B3-C	B3-Ci	C5	C6			$\lambda_{\max}=2$ $CR=0 < 0.1$
	叶片脱落率C5	1	3		0.750 0	
	基本无损害率C6	1/3	1		0.250 0	

表3 风害受损影响指标正态性检验与相关性分析

项目	柯尔莫戈洛夫-斯米诺夫（V） ^a		夏皮洛-威尔克		Y值与指标的相关性检验	
	统计	显著性	统计	显著性	皮尔逊相关性	肯德尔相关性
树高	0.118	0.081	0.973	0.306	0.423**	/
胸径	0.095	0.200*	0.960	0.085	/	0.171
冠高	0.163	0.002	0.881	0.000	0.472**	/
枝下高	0.096	0.200*	0.895	0.000	/	0.084
冠幅	0.151	0.006	0.943	0.017	0.477**	/
分枝角	0.086	0.200*	0.987	0.851	/	-0.016
冠形	0.153	0.005	0.755	0.000	/	-0.009
叶层状况	0.257	0.000	0.778	0.000	/	0.015
主干通直度	0.291	0.000	0.808	0.000	/	0.128
枝条柔韧性	0.232	0.000	0.801	0.000	/	0.018
根系状况	0.416	0.000	0.641	0.000	/	-0.413**
抗弯强度	0.266	0.000	0.847	0.000	-0.639**	/
顺纹抗压强度	0.123	0.055	0.968	0.197	-0.283*	/
支撑条件	0.103	0.200*	0.956	0.062	/	-0.292**
病虫害情况	0.256	0.000	0.792	0.000	/	-0.274*

注：1）a 里氏显著性修正；当显著性大于0.05时，表明数据服从正态分布；
2）**在0.01级别（双尾），相关性显著；*在0.05级别（双尾），相关性显著

3.2.2 抗风性隶属函数综合评分与排序

采用模糊数学隶属函数值法^[8]对园林树木进行抗风性综合评价，计算*i*树种*j*指标的抗风性隶属函数值 Z_{ij} ：

正相关：

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{i \min}}{X_{i \max} - X_{i \min}} \quad (2)$$

负相关：

$$Z_{ij} = 1 - \frac{X_i - X_{i \min}}{X_{i \max} - X_{i \min}} \quad (3)$$

其中， X_{ij} 为*i*树种*j*指标的测定值； $X_{i \max}$ 和 $X_{i \min}$ 分别为各树种指标最大和最小的测定值。

再对每个树种各项指标的 Z_{ij} 进

行累加计算,得到该树种的抗风性隶属函数综合评分总值 Z :

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_{ij} * W_i \quad (4)$$

一般 Z 值越大,风害受损率就越小,抗风能力就越强。

结果得出 Z 值介于0.265~0.903,差异明显,树种抗风性不同。其中,抗风表现良好(Z 值排名前6)的树种为木樨(0.903)、金蒲桃(0.867)、香榄 *Mimusops elengi* (0.858)、杨梅(0.839)、柳叶榕(0.763)、卵果榄仁(0.752),抗风表现较差(Z 值排名末6)的树种为高山榕 *Ficus altissima* (0.421)、樟 *Cinnamomum camphora* (0.411)、朴树 *Celtis sinensis* (0.367)、南洋楹(0.354)、木棉 *Bombax ceiba* (0.333)、美丽异木棉 *Ceiba speciosa* (0.265)。

3.3 关键性指标对园林树木抗风性的影响

3.3.1 内在因素

新移栽的园林树木抗风性强弱受树高、冠幅、根系状况和木材物理性质等内在因素影响。由祖笑艳^[9]的FLUENT对风环境模拟实验得出,高度4m及以下的小型乔木几乎不会对台风形成阻滞,在本研究中 Z 值大于0.7和 Y 值小于0.1的园林树木生活型几乎都为小乔木,树高、冠高和冠幅分别为3~4m、1.5~2.5m和1.8~2.8m,说明树高较小的园林树木可在大风中表现良好。此外,抗风表现良好的园林树木多为根系发达、固土能力好的树种,其抗弯强度和顺纹抗压强度亦较高,能够抵挡强大风力。

3.3.2 外在因素

相关研究表明,大部分树木难以抵御9级以上风力,当风力达8级时会发生枝条折断,达10级时会被连根拔起^[10]。树木支撑保护设施能避免树干被大风吹刮至摇摆松动,保护树木根系稳定生长,同时也可以防止树体受力不均而倒伏。植物病虫害部位常容易成为风灾中树木枝干的断裂口,导致枝条折断或植株死亡。实地调研中发现部分园林树木有少量病虫

害的情况,后续风灾后修复时要加强园林树木的病虫害管理。

4 结论与讨论

4.1 新移栽园林树木的关键抗风性指标

风害受损综合评分得出的抗风表现良好的前6种园林树木与关键抗风性指标隶属函数综合评分得出的结果大致相同,而表现较差的却不尽相同,且园林树木的风害受损率与树高、冠高、冠幅、根系状况、抗弯强度和支撑条件均有极显著相关性,与顺纹抗压强度和病虫害情况有显著相关性,这与祖若川^[11]、刘瑞雪^[4]等人的研究结果不完全一致。这是因为抗风表现良好的园林树木多为小乔木,受风灾影响小,而表现较差的树木多为移植时全冠种植、支撑不牢固、根系生长不稳定的大乔木,多数存在“头重脚轻”现象,在大风中极易受损。由此可见,在新建项目中,移栽时间较短的园林树木相较于生长稳定的树木更具特殊性,可通过对各树种风害影响因素进行相关性分析,得出关键性指标后进行层次分析法与模糊数学隶属函数值法相结合的综合分析,用得出的结果来判断新移栽或新种植的园林树木抵御大风的能力,最大程度减少风灾后的绿化经济损失。

4.2 园林树木台风受损程度降低对策

城市绿地合理布局,立地条件有效改善,绿化树种科学选择和绿地养护管理到位等措施,在城市“规划设计-工程施工-绿化养护”阶段能积极落实,可精准降低台风给园林绿化带来的破坏。如可通过“增肥透气、改土适树”等土壤改良方法,营造良好植物生长环境;滨海绿地宜采用多株阵列种植或群落层次种植的整体抗风种植形式,形成抗风绿地结构;在台风季来临前加强防御措施,修剪枝条、剪残枝,加固护树设施,以增强树木抵御台风的能力。

4.3 抗风性园林树木配置优化措施

滨海绿地在植物造景时遵循“坚

持因地制宜选择树种,防护性能与景观要求相结合,长寿树种与速生树种相兼顾”的原则。如滨海大草坪宜群植高大观赏棕榈类植物形成疏林景观,也可选择乡土树种配以驯化的外来树种,采取抗风性树木与遮阴观赏性树木套种的乔灌搭配方式进行布局。长寿树种与短寿树种、速生树种与慢生树种的合理搭配,不仅充分考虑了各树种生态及生理特征和防护能力的结合,还避免了多个树种同时期衰老的情况发生。

注:图1为作者自绘。

参考文献:

- [1]邓鹏,朱炫熹,谭广文.“山竹”风灾一年后的深圳前海片区园林树木景观评价分析[J].广东园林,2020,42(4):70-75.
- [2]邓鹏,戴伟,谢天寿.“山竹”台风后深圳前海绿化受损情况及恢复措施[J].广东园林,2019,41(4):9-15.
- [3]黄颂谊,沈海岑,陈峰.台风“山竹”对粤港澳大湾区城市园林树木的影响调查[J].广东园林,2020,42(2):26-31.
- [4]刘瑞雪,许晓雪.强台风后城市园林树木的风灾损伤及其抗风能力研究——以深圳大学后海校区为例[J].中国园林,2020,36(9):116-121.
- [5]成俊卿,杨家驹,刘鹏.中国木材志[M].北京:中国林业出版社,1992.
- [6]刘鹏,杨家驹,卢鸿俊.东南亚热带木材[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [7]黄义钧,何国强,张建华,等.园林树木形态因子与树种抗风能力关系探讨[J].西南大学学报(自然科学版),2020,42(5):69-79.
- [8]李禄军,蒋志荣,李正平,等.3树种抗旱性的综合评价及其抗旱指标的选取[J].水土保持研究,2006(6):253-254,259.
- [9]祖笑艳,张颖,李冠衡.基于FLUENT对风环境模拟的厦门岛道路植物景观种植策略[J].中国城市林业,2021,19(3):78-84.
- [10]肖洁舒,冯景环.华南地区园林乔木抗台风能力的研究[J].中国园林,2014,30(3):115-119.
- [11]祖若川.海口市公园抗风园林植物的选择与应用[D].海口:海南大学,2016.

作者简介:

朱炫熹/1993年生/女/广东广州人/硕士/广州普邦园林股份有限公司(广州510600)/工程师/专业方向为园林植物应用、风景园林规划设计

(*通信作者)谭广文/1959年生/男/广东广州人/硕士/广州普邦园林股份有限公司(广州510600)/教授级高级工程师/研究方向为园林植物应用、风景园林规划设计/E-mail:1002871592@qq.com

毛伟才/1983年生/男/广东广州人/本科/广州文化公园(广州510130)/工程师/专业方向为公园景观营造、园林植物应用