

台风“山竹”对粤港澳大湾区城市园林树木的影响调查*

Investigation on the Influence of Typhoon Mangkhut on Urban Trees in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

黄颂谊 沈海岑* 陈峥

HUANG Song-yi, SHEN Hai-cen*, CHEN Zheng

摘要: 2018年9月,台风“山竹”对粤港澳大湾区城市的园林树木造成重大伤害,调研粤港澳大湾区6个城市的园林树木的受损情况,统计各树种的综合受损率及受损表现,应用聚类分析法,对受损树种进行分级,并确定树种整体受损等级。通过记录树木受损情况及分析树种自身的抗风特性,分析总结影响园林树木抗风性能的主要因素,包括树种本身的抗风特性、台风风力与风向、立地土壤环境、种植穴空间、植物群落密度、迎风口种植位置等,并提出建立完善的树木风险评估体系,加强园林绿化建设及养护管理,以增强城市园林树木抗风能力。

关键词: 粤港澳大湾区;台风“山竹”;城市园林树木;抗风性;聚类分析 **文章编号:** 1671-2641(2020)02-0026-06

中图分类号: S688

收稿日期: 2019-11-28

文献标志码: A

修回日期: 2020-03-13

Abstract: In September 2018, Typhoon Mangkhut caused severe damage to landscape trees in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. This paper investigated the damage of landscape trees in six cities of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, and analyzed the comprehensive damage rate and damage performance of these tree species. Cluster analysis was used to cluster and classify damaged tree species, and to determine the overall damage level of the tree species. By recording the damage of trees and analyzing the wind resistance characteristics of the tree species, the paper summarized the main factors affecting the wind resistance of landscape trees in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, including tree species, typhoon wind-force and wind direction, local soil condition, planting space, plant community planting, density, upwind planting position, etc. In order to enhance the wind resistance of landscape trees, it was suggested to establish a tree risk assessment system, and strengthen the construction and maintenance of garden greening.

Key words: Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; Typhoon Mangkhut; Urban trees; Wind resistance; Cluster analysis

粤港澳大湾区是指由香港、澳门2个特别行政区和广东省的广州、深圳、珠海、佛山、中山、东莞、肇庆、江门、惠州9市组成的大珠江三角城市群,是国家建设世界级城市群和参与全球竞争的重要空间载体^[1-3]。

园林树木作为城市空间、生态景观的重要载体,其立地安全与城市公共安全紧密相连。每年7—10月是华南地区的台风多发季节,平均每年有6~8个台风正面袭击粤港澳大湾区,对园林树木造成一定的损害^[4],严重影响粤港澳大湾区的城市园林景

观和城市服务。

2018年9月16日,22号台风“山竹”在广东台山海晏镇登陆,登陆时中心附近最大风力14级(45 m/s),是对粤港澳大湾区7个地区风力影响最大、风暴潮最强的台风之一^[5]。受“山竹”台风影响,广东省多个地区直接经济损失约52亿元;其强劲的风力使广东省、香港、澳门等多地的园林树木受损严重,树木倒伏威胁人身财产安全,并留下安全隐患,还极大影响了城市园林景观^[5-7]。

本文通过对粤港澳大湾区6个

城市在台风“山竹”灾后的受损园林树木进行调研,统计树木倒伏、倾斜、断折等受损情况,分析树木受损的主要因素,并提出园林树木抗风对策,为粤港澳大湾区城市园林防风减灾规划与建设提供参考。

1 研究对象与方法

以广州、珠海、江门、深圳、香港和澳门6个粤港澳大湾区城市的210条道路(行车道和人行道)的行道树和26个公园和绿地内的乔木为

* 基金项目: 自研项目“广州市三种行道树倒伏危险度评价体系”(编号 GZLC-Z201602);“广州市白云大道等8条道路及二沙岛绿化养护2017—2019年养护期年度养护”项目(编号: SYZFCG-[2016]056)

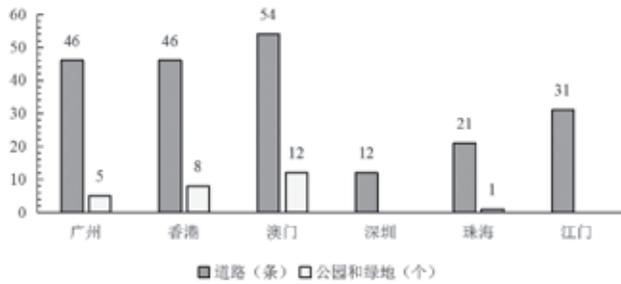


图1 6个粤港澳大湾区城市调研区域统计图

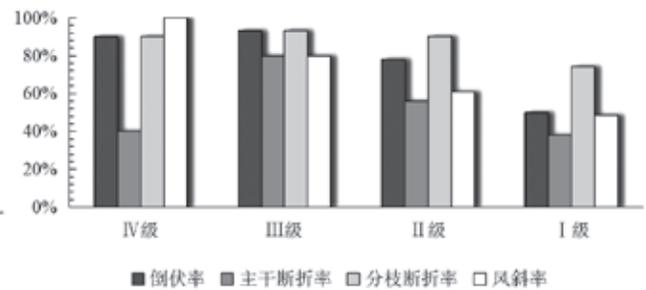


图2 树木受损类型分析图

研究对象(图1)进行实地调研,记录树木倒伏、倾斜和断折的受损类型,同时记录并分析受损树种、种植地环境、台风气候等影响树木抗风性的因素。本文根据调研区域受损树种的数量统计,综合计算不同树种在各调研道路、绿地内的受损率[某树种受损率=(受损数量/统计数量)×100%];应用SPSS19.0对树种综合受损率采用Euclidean距离进行聚类分析,并分析确定受损分级。

2 结果与分析

2.1 园林植物的抗风性

2.1.1 受损树种的聚类分析

台风“山竹”给6个城市的绿化带来巨大损害,据政府部门的统计,受损树木逾25万株^①;本次调研记录的受损树木约2.5万株,占总受损量约10%,受损树木涉及39科、85属、132种。

树木受损率的聚类分析结果显示,受损树木可大致分为4级(表1): I级聚类的树种受损率为<15%; II级聚类的树种受损率为≥15%,且<40%; III级聚类的树种受损率为≥40%,且<60%; IV级聚类的树种受损率为≥60%,主要有台湾相思、南洋楹、红花羊蹄甲等具有生长迅速、木质脆等特性的树种。由于龙柏、圆柏树种的调研基数较少,主要受损表现为风斜,统计综合受损较高

而被集合至IV级聚类。

同时,基于聚类分析结果,对树种4个不同受损表现(倒伏、主干断折、分枝断折与风斜)进行统计分析(图2): 1)出现倒伏的树种在III级和IV级聚类均占90%以上,在II级聚类占78%,在I级聚类占50%; 2)出现主干断折的树种在IV级聚类占40%,在III级聚类占80%,在II级聚类占56%,在I级聚类占38%; 3)出现分枝断折的树种在II级、III级和IV级聚类均占90%以上,在I级聚类占74%; 4)IV级聚类树种均出现风斜或土壤松动现象,III级聚类中有80%的树种出现此现象,II级聚类有61%,I级聚类有48%。因此,不同的树种在台风中的受损表现不同,其中III级和IV级聚类中出现受损情况的树种比例明显高于I级和II级聚类; II级聚类与I级聚类相比,有较高比例的树种存在倒伏及分枝断折的受损表现。综上所述,受损树木的倒伏率、分枝断折率及风斜率均随着树木受损程度的降低而降低,而主干断折率没有显示出该趋势变化。

2.1.2 树种抗风特性分析

树种的木质、根系、冠幅等生物学特性决定了其抗风特性。其中易倒伏和断折受损的多为生长迅速、木质密度低而脆、树冠受风面大和根系浅的树种。综合聚类统计分析结果,总结分析粤港澳大湾区园林树木易倒伏和易断折受损的树种及

其抗风缺陷(表2)。

2.2 台风对树木的影响

据观察统计,大部分绿化树木难以承受大于9级的风力^[4, 8-10]。本次调研区域大多位于台风“山竹”的10级及以上风圈,各地区东部至东南部的树木受损情况较其他区域严重,与风力影响方向垂直的道路及风口位置的树木受损较严重(图3)。

树木受损严重的具体地区主要有珠海市金湾区,深圳市前海区、罗湖区和福田区的临海侧,澳门半岛北部和东南部、氹仔岛北部至东北部、路环岛南部至东南部等。

2.3 立地环境对树木的影响

2.3.1 种植空间

根系乃树木之根本,生长良好的根系是树木稳固扎立的重要因素。调研发现部分路段及绿地中,树木倒伏情况与其根系生长情况密切相关。局限的根系生长环境会导致树木根系生长不平衡,存在严重的偏根现象,从而降低树木个体的抗风能力,使其存在倒伏风险。城市园林树木根系生长环境局限主要为3类:条状种植池宽度不足、树木种植距离过密和“硬质”种植池限制根系生长。

2.3.2 种植土壤

城市的种植土壤多为客土,并且建筑垃圾填充较多,不利于树木根系生长,造成树木在台风中易产生倒伏的现象。黏重的土壤虽然在根系较深时对根系的固结力较大,

①为各城市园林管理部门提供的统计数据。

表 1 树种受损等级与比例

受损等级 与比例	树种
IV级： 受损率 ≥ 60%	铁刀木 <i>Senna siamea</i> 、红花羊蹄甲 <i>Bauhinia × blakeana</i> 、圆柏 <i>Juniperus chinensis</i> 、垂枝红千层 <i>Callistemon viminalis</i> 、龙柏 <i>Juniperus chinensis 'Kaizuka'</i> 、洋紫荆 <i>Bauhinia variegata</i> 、台湾相思 <i>Acacia confusa</i> 、海南菜豆树 <i>Radermachera hainanensis</i> 、吊瓜树 <i>Kigelia africana</i> 、南洋楹 <i>Falcataria moluccana</i>
III级： 40% ≤ 受损率 < 60%	侧柏 <i>Platycladus orientalis</i> 、黄花风铃木 <i>Handroanthus chrysanthus</i> 、粉叶决明 <i>Senna sulfurea</i> 、大花紫薇 <i>Lagerstroemia speciosa</i> 、印度榕 <i>Ficus elastica</i> 、尾叶桉 <i>Eucalyptus urophylla</i> 、菲岛福木 <i>Garcinia subelliptica</i> 、垂叶榕 <i>Ficus benjamina</i> 、石栗 <i>Aleurites moluccanus</i> 、合欢 <i>Albizia julibrissin</i> 、柠檬桉 <i>Eucalyptus citriodora</i> 、玫红栎铃木 <i>Tabebuia rosea</i> 、大叶相思 <i>Acacia auriculiformis</i> 、火焰树 <i>Spathodea campanulata</i> 、白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>
II级： 15% ≤ 受损率 < 40%	木棉 <i>Bombax ceiba</i> 、鸡冠刺桐 <i>Erythrina crista-galli</i> 、银桦 <i>Grevillea robusta</i> 、黄槿 <i>Hibiscus tiliaceus</i> 、紫薇 <i>Lagerstroemia indica</i> 、美丽异木棉 <i>Ceiba speciosa</i> 、凤凰木 <i>Delonix regia</i> 、白兰 <i>Michelia × alba</i> 、木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i> 、黄葛树 <i>Ficus virens</i> 、海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i> 、马占相思 <i>Acacia mangium</i> 、非洲楝 <i>Khaya senegalensis</i> 、椰子 <i>Cocos nucifera</i> 、欧洲夹竹桃 <i>Nerium oleander</i> 、樟 <i>Cinnamomum camphora</i> 、刺桐 <i>Erythrina variegata</i> 、大王椰 <i>Roystonea regia</i> 、榕树 <i>Ficus microcarpa</i> 、杧果 <i>Mangifera indica</i> 、秋枫 <i>Bischofia javanica</i> 、阿江榄仁 <i>Terminalia arjuna</i> 、高山榕 <i>Ficus altissima</i> 、阔荚合欢 <i>Albizia lebbbeck</i> 、人面子 <i>Dracontomelon duperreanum</i> 、构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> 、黄花夹竹桃 <i>Thevetia peruviana</i> 、心叶榕 <i>Ficus rumphii</i> 、窿缘桉 <i>Eucalyptus exserta</i> 、杂色榕 <i>Ficus variegata</i> 、紫花风铃木 <i>Handroanthus impetiginosus</i> 、黄金香柳 <i>Melaleuca bracteata</i> 、红千层 <i>Callistemon rigidus</i> 、落羽杉 <i>Taxodium distichum</i> 、朴树 <i>Celtis sinensis</i> 、海南蒲桃 <i>Syzygium hainanense</i> 、楝 <i>Melia azedarach</i> 、鸡蛋花 <i>Plumeria rubra</i> 、白千层 <i>Melaleuca cajuputi</i> subsp. <i>cumingiana</i> 、桉 <i>Eucalyptus robusta</i> 、银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i>
I级： 受损率 < 15%	麻楝 <i>Chukrasia tabularis</i> 、南洋杉 <i>Araucaria heterophylla</i> 、腊肠树 <i>Cassia fistula</i> 、紫檀 <i>Pterocarpus indicus</i> 、假柿木姜子 <i>Litsea monopetala</i> 、菜豆树 <i>Radermachera sinica</i> 、菩提树 <i>Ficus religiosa</i> 、卵果榄仁 <i>Terminalia muelleri</i> 、盆架树 <i>Alstonia rostrata</i> 、黄金间碧竹 <i>Bambusa vulgaris 'Vittata'</i> 、木荷 <i>Schima superba</i> 、假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i> 、小叶榄仁 <i>Terminalia neotaliala</i> 、毛果杜英 <i>Elaeocarpus rugosus</i> 、阴香 <i>Cinnamomum burmannii</i> 、水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i> 、毛叶桉 <i>Eucalyptus torelliana</i> 、幌伞枫 <i>Heteropanax fragrans</i> 、糖胶树 <i>Alstonia scholaris</i> 、龙眼 <i>Dimocarpus longan</i> 、蝴蝶果 <i>Cleidiocarpum cavaleriei</i> 、对叶榕 <i>Ficus hispida</i> 、台湾栎 <i>Koelreuteria elegans</i> subsp. <i>formosana</i> 、面包树 <i>Artocarpus communis</i> 、盾柱木 <i>Peltophorum pterocarpum</i> 、辐叶鹅掌柴 <i>Schefflera actinophylla</i> 、土蜜树 <i>Bridelia tomentosa</i> 、杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i> 、柳叶榕 <i>Ficus binnendijkii</i> 、荔枝 <i>Litchi chinensis</i> 、潺槁木姜子 <i>Litsea glutinosa</i> 、垂柳 <i>Salix babylonica</i> 、血桐 <i>Macaranga tanarius</i> var. <i>tomentosa</i> 、大叶合欢 <i>Archidendron turgidum</i> 、山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i> 、鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i> 、苹婆 <i>Sterculia monosperma</i> 、榄仁树 <i>Terminalia catappa</i> 、棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i> 、散尾葵 <i>Dypsis lutescens</i> 、菠萝蜜 <i>Artocarpus heterophyllus</i> 、佛肚竹 <i>Bambusa ventricosa</i> 、重阳木 <i>Bischofia polycarpa</i> 、黄牛木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i> 、油棕 <i>Elaeis guineensis</i> 、棟叶吴萸 <i>Tetradium glabrifolium</i> 、蒲葵 <i>Livistona chinensis</i> 、台湾血桐 <i>Macaranga sinensis</i> 、桑 <i>Morus alba</i> 、桂花 <i>Osmanthus fragrans</i> 、马尾松 <i>Pinus massoniana</i> 、蒲桃 <i>Syzygium jambos</i> 、山乌桕 <i>Triadica cochinchinensis</i> 、枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i> 、江边刺葵 <i>Phoenix roebelenii</i> 、罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i> 、水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i> 、洋蒲桃 <i>Syzygium samarangense</i> 、金蒲桃 <i>Xanthostemon chrysanthus</i> 、白桂木 <i>Artocarpus hypargyreus</i> 、红花玉蕊 <i>Barringtonia acutangula</i> 、水翁 <i>Syzygium nervosum</i> 、钝叶鱼木 <i>Crateva trifoliata</i> 、树头菜 <i>Crateva unilocularis</i> 、湿地松 <i>Pinus elliotii</i> 、半枫荷 <i>Semiliquidambar cathayensis</i>

注：树种按其所在“山竹”台风6个地区综合受损率由高到低进行排序。

但是其本身也是限制根系生长的原因之一。沙质土虽有利于土壤透水，但暴雨后土壤含水饱和度增加，土壤固结能力下降，树木倒伏率大于种植于黏重土壤的树木。

2.3.3 “狭管效应”与迎风口

在高楼林立的城市环境中，楼群之间极易形成过风通道，造成“狭管效应”，急剧增大了风速，加重

了绿地的台风灾害；但楼群有时也会成为绿地的风障，减小台风瞬时风速，这主要与台风的风向有关。如香港彩虹邨高楼建筑之间，位于路口处的树木倒伏情况严重，种植于1.8 m×1.8 m树池的榕树，虽有钢索牵拉支撑，但强劲的风力将树木连根拔起，并破坏钢索牵拉固定的地钉（图4）。

3 结论与讨论

3.1 城市园林树木抗风性影响因素

园林树木作为城市绿化组成的骨架，种植于道路绿化带、交通绿岛、公园绿地等区域，是城市上层空间的绿化部分。其抗风性影响因素较多，包含树种本身抗风特性和外界环境因素。

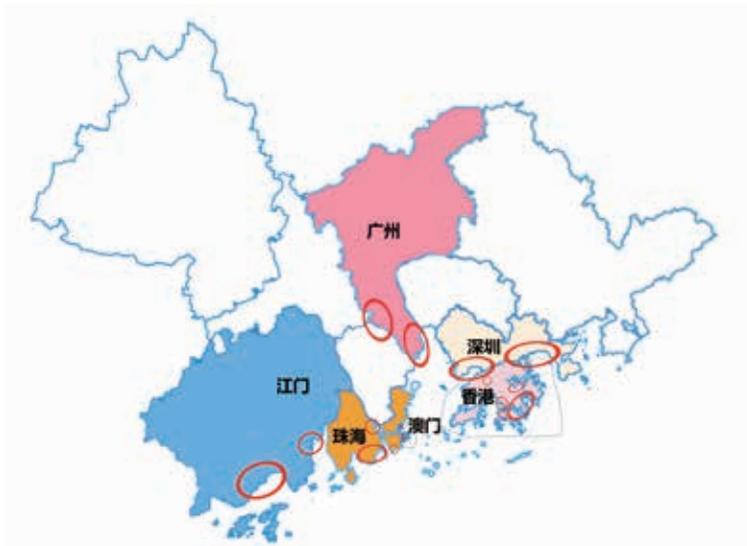


图3 6个城市园林树木受损严重区域

表2 易倒伏和易断枝的树种及其抗风缺陷

树种	科名	受损表现	抗风缺陷
柠檬桉		分枝断折	枝脆
尾叶桉	桃金娘科	主干、分枝断折	枝脆
白千层		倒伏；主干、分枝断折	主干、枝脆，易空洞；根浅
黄槿	锦葵科	倒伏；主干、分枝断折	冠大、枝密
白楸	大戟科	树干、分枝断折	树干、枝脆
大叶相思		主干、分枝断折	枝脆
台湾相思	含羞草科	主干、分枝断折	枝脆
马占相思		主干、分枝断折	枝脆
南洋楹		倒伏；主干、分枝断折	树干、枝脆
红花羊蹄甲		倒伏；主干、分枝断折	树干、枝脆
洋紫荆	苏木科	倒伏；主干、分枝断折	树干、枝脆
粉叶决明		倒伏；主干、分枝断折	冠幅大，根浅，枝脆
凤凰木		主干、分枝断折	树干、枝脆，易空洞
刺桐	蝶形花科	主干、分枝断折	枝脆
紫檀		主干、分枝断折	树干、枝脆
高山榕		倒伏、分枝断折	冠大、枝密、根浅
垂叶榕		倒伏、分枝断折	冠大、枝密、根浅
印度榕	桑科	倒伏、分枝断折	冠大、枝密
榕树		倒伏、分枝断折	冠大、枝密、根浅
黄葛树		倒伏、分枝断折	冠大、枝密、根浅
非洲楝	楝科	倒伏；主干、分枝断折	冠大、枝脆
盆架树	夹竹桃科	倒伏；主干、分枝断折	枝脆

3.1.1 树种的抗风特性

根据6个调研地区在台风“山竹”灾后的树木受损情况可得，在台风灾害中较易出现倒伏、断干、折枝等严重风害现象的树种与其本身的根系特性、生长速度及木质硬度有关。整体受损率 $\geq 40\%$ 的树种的受损表现多为倒伏（倒伏率 $\geq 90\%$ ），其中的红花羊蹄甲、粉叶决明、印度榕等树种生长速度快，树冠浓密，根系较浅；综合文献与调查研究，受损表现为分枝断折或主干断折的树种中，以南洋楹、台湾相思、非洲楝、木棉、美丽异木棉、凤凰木等^[11-16]树种的木质较为脆弱。

3.1.2 立地环境与养护管理

调研分析结果显示，城市园林树木的种植土壤层相对薄弱，部分种植土壤被砖渣等建筑废弃物所替代；受道路结构层的影响，树木根系纵向生长受阻，根系整体较浅。对于城市行道树而言，其种植预留的种植穴小，或者种植带太窄，无法满足根系横向的生长，导致树木出现“窝根”现象，不利于树体的安全性。同时，不合理的冠干比以及养护不到位引起的树体衰弱等易减弱树木抗风能力。

3.1.3 强风与强降雨

“山竹”台风登陆时中心附近最大风力14级，调研的6个城市均在10级风圈范围内，港区风力达12级，市区风力达10级，已超出大部分绿化树木的抗风能力范围^[8-10]。大风伴随着强降雨，使得树木根部土壤含水量饱和，根系固着力降低。

调查结果发现，同一树种在不同位置的受损表现有较大差异。台风“山竹”在登录前影响粤港澳大湾区的主要风向依次是东北、正北、西北，登陆后的主要风向为东南^[17]。因此，在城市道路交叉口、高楼之间的路口、与台风风力方向成 $45^\circ\sim 90^\circ$ 夹角的道路或区域，台风对树木的破坏力最大，与林双毅等^[9]的研究结果



图4 “狭管效应”强风破坏树木及牵拉固定构件

基本一致。

3.2 加强城市园林树木抗风能力的对策

粤港澳大湾区地处华南沿海地区，每年均会受多个台风影响，应加强对提高园林树木抗风能力对策与实践的研究。结合本研究对树木在台风“山竹”中受损情况的调查分析，提出提高城市园林树木抗风能力对策：建立完善的树木风险评估体系以及加强园林绿化建设及养护管理。

3.2.1 建立完善的树木风险评估体系

树木风险是指由于树木倒伏、断折、枝条坠落等，造成不同程度人员伤亡或财产损失等后果的可能性^[17-20]。粤港澳大湾区地处台风高发地区，树木的抗风、减灾是一项常规化的工作。树木管理部门应做好树木风险评估，采取相关措施以降低风灾对树木的破坏。为此，建立起一套科学、实用的树木安全评估体系是日常树木管理工作的重要组成部分，也是各项抗风减灾工作的基础。

3.2.2 加强园林绿化建设及养护管理

与园林绿化建设相关的规划设计、种植施工、养护管理等环节都应该考虑树木的抗风需求。

1) 规划设计

从规划设计出发，在保障景观及功能性的前提下，应重点考虑树种抗风性及抗风的种植形式。a) 树种选择：在易遭受风害区域选择树冠疏朗透风、叶面积指数小、木质强健、枝叶柔软、根系发达（深根系或侧根、须根发达强健）等特性的树种，在根系生长空间受限的带状绿地选择适宜的树种。b) 抗风种植：避免单行、过密种植，增强群落层次的丰富性，发挥树种优良的抗风性。c) 环境优化：根系发达的树种周边，采用草地或透水性铺装，避免硬质铺装限制根系的生长。

2) 种植施工与养护管理

健康的苗木、良好的立地环境是树木安全的根本，应提高城市园林树木种植施工质量。同时，加强园林树木日常养护工作，注重台风前支护、病虫害防治等工作，提供树木健康生长条件；结合树木风险评估工作，及时排除树木风险，减少风灾损害。对已密植的乔木，在后期需要适当抽疏间除，保障树木生长空间，从而增强群落的抗风能力。

粤港澳大湾区作为受台风影响较大的区域，宜通过科学种植和精细化管养，减少台风等自然灾害对园林树木的损害。但影响城市园林

树木的抗风性的因素较多，未来的研究应全面探析各影响因素之间的相互作用，考虑采用多树种的群落组合方式提高城市绿化的抗风能力。

致谢：感谢广东园林学会、香港顾问园境师协会、澳门园景绿化促进会，以及江门市、珠海市、深圳市等相关园林管理部门对调研“山竹”台风对粤港澳大湾区园林树木影响的工作的支持。

注：本文图片为作者自绘自摄。

参考文献：

- [1] 李邨, 周金苗, 黄耀福, 等. 从巨型城市区域视角审视粤港澳大湾区空间结构 [J]. 地理科学进展, 2018, 37 (12): 1609-1622.
- [2] 张娟娟. 粤港澳大湾区城市群建设分析 [J]. 现代国企研究, 2018 (6): 164+166.
- [3] 国搜百科. 粤港澳大湾区 (世界级城市群) [EB/OL]. [2019-06-19]. <http://baike.chinaso.com/wiki/doc-view-295666.html>.
- [4] 黄颂谊, 陈铮, 周圆. 珠海市“天鸽”“帕卡”台风灾后行道树倒伏及复壮调查 [J]. 广东园林, 2017, 39 (6): 91-95.
- [5] 澳门天文气象追击站. 热带气旋 [EB/OL]. [2019-06-19]. <http://home>.

- puiching.edu.mo/~pcama/index.php/airport.
- [6] 香港天文台. 令我们觉醒的“山竹” [EB/OL]. (2018-10-29) [2019-06-19]. <http://www.weather.gov.hk/blog/b5/archives/00000216.htm>.
- [7] 中国天气网. 台风“山竹”被除名可能性较大 [EB/OL]. (2018-09-18) [2019-06-19]. <http://news.weather.com.cn/2018/09/2936725.shtml>.
- [8] 肖浩舒, 冯景环. 华南地区园林树木抗台风能力的研究 [J]. 中国园林, 2014, 30 (3): 115-119.
- [9] 林双毅, 周锦业, 秦一芳, 等. 莫兰蒂台风对厦门市主要道路绿化树种的影响 [J]. 中国园林, 2018, 34 (5): 83-87.
- [10] 朱伟华, 丁少江. 深圳园林防台风策略研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [11] 王勇进, 李沛琼, 谢海标, 等. 深圳市园林绿化树种的调查与评估 [J]. 中国园林, 2000, 16 (1): 49-52.
- [12] 王良睦, 王中道, 许海燕. 9914# 台风对厦门市园林树木破坏情况的调查及对策研究 [J]. 中国园林, 2000, 16 (4): 65-68.
- [13] 吴显坤. 台风灾害对深圳城市园林树木的影响和对策 [D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [14] 柳振誉, 彭国良, 康文沙. 多目标决策在厦门行道树选择评价的研究 [J]. 浙江农业科学, 2005 (5): 367-371.
- [15] 祖若川, 罗立娜, 刘晶, 等. 滨海公园棕榈类植物抗风性调查与评价分析 [J]. 北方园艺, 2016 (5): 89-94.
- [16] 伊爱娟. 沿海城市抗台护绿的实践与思考 [J]. 中国园林, 2006, 22 (11): 53-56.
- [17] 陈峥, 黄颂谊. 台风对城市园林树木的影响及灾后景观修复对策初探——以厦门“莫兰蒂”台风为例 [J]. 现代园艺, 2018 (17): 93-96.
- [18] 陈爽. 国外城市树木管理体系与方法 [J]. 上海城市管理, 2002, 11 (1): 30-32.
- [19] MATTHECK C, BRELOER H. Field Guide for Visual Tree Assessment (VTA) [J]. Arboricultural Association Journal, 1994, 18 (1): 1-23.
- [20] MUHAMMAD T R, TAREK R. Urban Tree Damage Estimation Using Airborne Laser Scanner Data and Geographic Information Systems: an Example from 2007 Oklahoma Ice Storm [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2015, 14 (3): 562-572.

作者简介:

黄颂谊/1982年生/女/广东广州人/硕士/广州市绿化公司(广州510440)/风景园林高级工程师/专业方向为风景园林工程与技术、园林植物与应用

(*通信作者)沈海岑/1973年生/男/浙江上虞人/硕士/广州市绿化公司(广州510440)/风景园林工程师/专业方向为风景园林工程与技术、园林植物与应用/E-mail: 476958861@qq.com

陈峥/1991年生/女/福建漳州人/硕士/广州市绿化公司(广州510440)/风景园林助理工程师/专业方向为风景园林工程与技术、园林植物与应用