

广州市环市路行道树树木安全风险评估与管理探析

Safety Risk Assessment and Management of Street Trees on Huanshi Road in Guangzhou

贾益兴 雷杰 黄颂谊*

JIA Yi-xing, LEI Jie, HUANG Song-yi *

摘要: 环市路是广州市重要主干道路,其道路绿化的安全性是城市绿化管理工作的重要内容之一。采用视觉评估法(Visual Tree Assessment, VTA)以及无损检测法对环市路行道树树木风险进行综合评估,并分析树木形态因子与风险因子间的相关性。结果发现,环市路 11.2% 的行道树存在安全风险,不同树种的安全隐患率差异较大,且树木形态因子与风险因子间存在显著的相关性。并从树木安全风险评估与管理角度探讨行道树种植设计、施工及日常管养,推动城市绿化精细化管理。

关键词: 行道树; 树木安全风险评估; 形态因子; 风险因子

中图分类号: S688

文献标志码: A

文章编号: 1671-2641(2021)04-0093-04

收稿日期: 2021-01-12

修回日期: 2021-03-28

Abstract: Huanshi Road is an important trunk road in Guangzhou, and the safety of its road greening is one of the important contents of urban greening management. In this study, methods of Visual Tree Assessment (VTA) and non-destructive testing are used to comprehensively assess the risk of trees along Huanshi Road, and the correlation between tree morphology factors and risk factors is analyzed. The results show that 11.2% of street trees in Huanshi Road have safety risks, and the safety risk rates of different tree species are significantly different. Meanwhile, there is a significant correlation between tree morphology factors and risk factors. Finally, from the perspective of tree safety risk assessment and management, the planting design, construction and daily management and maintenance of street trees are discussed to promote the refined management of urban greening.

Key words: Street tree; Tree safety risk assessment; Morphology factor; Risk factor

广州市城市绿化一直处于全国领先水平,尤其是 2010 年前后,以举办亚运会为契机,广州市全面推进城市绿化工作,增加城市绿量,提升绿化质量。近些年,在“十二五发展规划”的指导下,广州市实施“花城”工程,强化“花城”形象。行道树作为城市绿化的骨架,对广州市塑造城市形象,改善生态环境,建设“宜居花园城市”具有不可替代的作用。

城市树木在带来众多正面效益的同时,也存在着一些潜在的不安全因素。特别是行道树,受复杂城市环境的影响,易出现树冠偏斜、树体倾斜、树干腐朽、根系受损等不健康状况^[1-2],在强风、台风等恶劣天气时易产生枝条坠落、树干断折、树体倒伏等风险,给市政设施、城市交通以及市民人身财产安全带来严重的威胁。通过树木安全风险评估,提早发现行道树存在的风险隐患,并及时采

取针对性的管理措施来消除或降低树木安全风险,能够增强城市环境的安全性,对城市绿化精细化管理,提高城市防范和抵御安全风险能力具有重要作用,对推进建设“韧性城市”“宜居城市”具有重要意义。

树木安全风险评估的研究始于 20 世纪 60 年代,分为“Paine 评估系统^[3-4]”“可视化评估体系(Visual Tree Assessment, VTA)^[5-6]”等多个评估系统,主要通过视觉以及简单工具测量并量化多种指标,从而确定树木风险评级,提出合理的改善建议。

随着科学技术的进步,雷达波、超声波、应力波、红外线等无损探测技术逐渐运用于树木评估领域,弥补了传统评估方式无法准确获取树木根系、树干内部信息,仅依靠经验判断内部状态的缺陷,完善了树木风险评估体系^[7]。目前使用较多的有 PICUS 应力波树木断层画像诊断

技术和 TRU 树木雷达检测技术,前者能够比较准确地定位树木外部可见的树洞和内部的空洞,为树木健康状况与安全性评估提供重要的参考数据^[8];后者能够在不破坏原有地形的前提下探测出树木主要根系的大小、分布深度与范围,为树木根系评估提供可靠的方法^[9]。

本研究通过对广州市重要交通路段环市路的行道树进行调查与安全风险评估,分析树木形态因子与风险因子的相关性,探讨城市行道树的设计、施工与养护过程中安全风险管理工作的重要性以及降低风险的针对性措施,为城市行道树精细化管理,消除安全风险隐患,增强城市绿化安全性提供借鉴。

1 研究方法

于 2018 年 9 月—2019 年 5 月对

环市路两侧行道树进行树木安全风险评估,检测段长约 8.4 km。

本研究采用 VTA 评估体系、PICUS 应力波树木断层画像诊断技术和 TRU 树木雷达检测技术,对行道树的整体风险状况和安全性进行综合评估,内容包括:

1) 对所有行道树进行分段编号以及总体情况调查,主要包括树高、胸径、冠幅、倾斜度、立地条件、树势状况等指标。

2) 根据初步调查结果,筛选出树体结构存在明显隐患及健康情况较差的树木个体,对其进行 VTA 视觉评估。评估指标主要参考 ISA 国际树木学会树木风险评估相关建议,并结合实际环境,选取科学合理、可操作性强的指标。指标涉及树势、树冠、树干、根系及种植环境 5 个部分,主要包括枝叶枯黄比例、枝叶密度、病虫害程度、偏冠度、不稳定枝条比例、树干倾斜度、树干木质腐朽及空洞情况、是否存在缠绕型根系、根系是否拱起地面、种植池规格、周围构筑物及潜在威胁目标等情况^[10]。评估标准参考广州市地方标准《园林树木安全性评价技术规范》(DB4401/T 17-2019)。

3) 根据 VTA 评估结果,筛选树体结构较差,尤其是存在严重病虫害、树体倾斜、严重偏冠、树势衰弱、树干存在机械损伤等情况的个体,应用 PICUS-3 应力波树木断层画像诊断装置和 TRU 树木根系雷达进行树木树干检测以及根系分布检测。

采用 EXCEL 软件对树木风险评估数据进行初步整理,再利用 SPSS 软件分析树木形态因子和风险因子间的相关性。

2 结果与分析

2.1 行道树初步调查概况

环市路为三板四带式(3 条车行道,4 条绿化带),种植空间类型包括 1.5 m×1.5 m 的种植池以及 1.8 m 宽的中央分车绿化带。环市路行道树

涉及 12 个树种,共计 1 335 株,其中榕树 *Ficus microcarpa* 有 371 株,占总数的 27.8%;黄葛树 *Ficus virens* 有 361 株,占 27%;红花羊蹄甲 *Bauhinia × blakeana* 有 132 株,占 9.9% (图 1)。两条中央分车带种植树木为黄葛树 *Ficus virens*,有 356 株;两侧行道树有 979 株,以榕树、腊肠树 *Cassia fistula*、非洲楝 *Khaya senegalensis*、红花羊蹄甲为主,还有少量麻楝 *Chukrasia tabularis*、海南蒲桃 *Syzygium hainanense*、垂叶榕 *Ficus benjamina*、秋枫 *Bischofia javanica* 等。

环市路行道树栽植多年,体量普遍较大,平均胸径为 33.8 cm,平均树高为 11.4 m,平均冠幅为 8.7 m。在所有行道树中,发现树体缺陷项目 755 项,包括树体倾斜、立地条件差、树体损伤和树冠偏斜,涉及行道树 557 株,占行道树总数的 41.7%(表 1)。

2.2 安全风险检测评估与分析

2.2.1 VTA 树木视觉检测评估

对具有树体缺陷项目的行道树进行 VTA 视觉评估。结果显示,8 种共 149 株行道树存在安全风险,占环市路行道树总数的 11.2%,并且不同树种的安全风险率(存在安全风险的个体数量占该种类总数的比例)存在差异。其中,红花羊蹄甲的安全风险率为 39.4%,腊肠树

为 34.7%,麻楝为 16.5%,非洲楝为 12.6%,海南蒲桃、榕树和黄葛树分别为 4.8%、4.1% 和 1.7%,秋枫因样本数量较少,不参与此部分讨论。统计结果发现,红花羊蹄甲和腊肠树的安全风险率远高于整体水平,麻楝和非洲楝的安全风险率略高于整体水平,而海南蒲桃、榕树和黄葛树的安全风险率较低。

2.2.2 仪器检测综合评估

基于 VTA 树木视觉评估结果,选取 49 株存在安全风险且树体存在损伤的行道树,应用 PICUS-3 应力波树木断层画像诊断仪与 TRU 树木雷达系统,进行树干空腐情况和根系分布情况的检测。其中,红花羊蹄甲 21 株,腊肠树 10 株,麻楝 9 株,榕树 5 株,海南蒲桃 2 株,秋枫 1 株,黄葛榕 1 株。

树干空腐情况检测结果表明,有 25 株行道树主干表现为空洞或木质腐朽。其中 23 株树木(10 株红花羊蹄甲、7 株麻楝以及 6 株腊肠树)主干外表存在不同程度的机械创口,因未被及时处理,而向主干内部逐渐产生空洞腐朽;2 株红花羊蹄甲主干外表存在白蚁蛀食或真菌侵染迹象,导致内部木质疏松或腐烂。

根系分布情况检测结果显示,49 株行道树的根系整体呈现出分布浅而

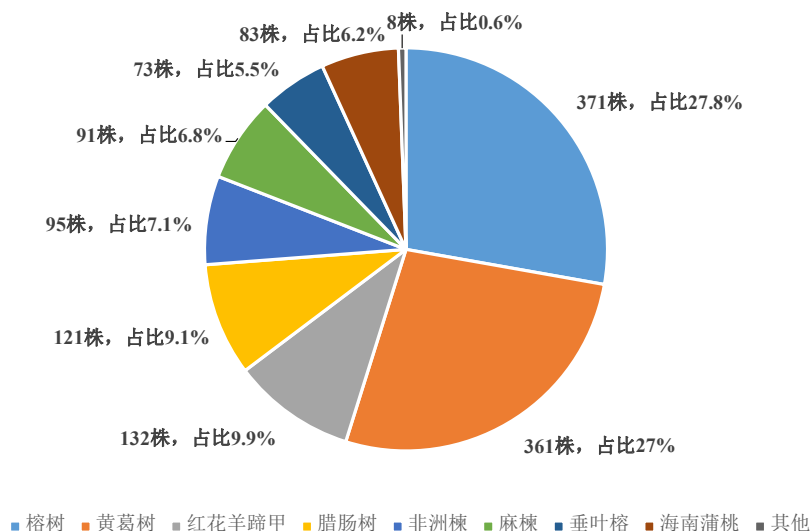


图 1 环市路行道树树种数量统计

不均的现象，主要表现为行车道侧检测到的根系较少，而人行道侧的根系相对较多，并且整体根系深度集中在铺装面层以下 20~30 cm 处，少数较深为 30~40 cm。鉴于环市路道路环境较为一致，行道树的立地条件、种植技术也具有 consistency，所选用的 49 株树木包含了行道树主要种类，所以认为环市路行道树根系整体也符合上述特性。

2.3 形态因子与安全隐因子的相关性分析

以环市路 1 335 株行道树为样本，利用 SPSS 软件分析树木形态因子与风险因子间的相关性（表 2）。分析结果显示，行道树风险因子与形态因子间具有显著相关性。其中偏冠度与树高呈显著正相关，与冠幅呈显著负相关；倾斜度与胸径呈显著正相关。

利用 SPSS 软件，分别分析样本数量较大且在广州应用较多的榕树、红花羊蹄甲、非洲楝 3 个树种的形态因子与风险因子间的相关性，样本数量分别为 371、131^①、95 株。结果（表 3）显示：榕树的偏冠度和倾斜度均与树高呈显著正相关，而偏冠度与冠幅呈显著负相关；红花羊蹄甲的偏冠度与树高和胸径均呈显著正相关，倾斜度与冠幅呈显著正相关；非洲楝的偏冠度与冠幅呈显著负相关。

相关性分析结果表明，环市路行道树的风险因子随着树木体量的增长而增长，不同树种的形态因子与风险因子相关性存在一定差异。因此，在行道树的养护工作中，要注意控制树木的体量，尤其是树木高度，避免树木因过高而产生树体倾斜、树冠偏斜等风险。

3 结论与讨论

3.1 应开展城市树木风险评估

本研究通过对环市路上的 1 335 株行道树进行树木安全风险评估，发现其中 41.7% 的树木存在不同程度的

表 1 环市路行道树树体缺陷统计

项目		数量 / 株	占行道树总量比例
树体倾斜		68	5.1%
立地条件差		359	26.9%
树体损伤	树干内部空腐、损伤	25	1.9%
	树皮损伤	98	7.3%
树冠偏斜		205	15.4%
总计		557	41.7%

表 2 环市路行道树形态因子与风险因子相关性分析

形态因子	偏冠度	倾斜度
树高	0.082*	0.027
胸径	-0.017	0.086**
冠幅	-0.267**	-0.013

注：*p < 0.05，**p < 0.01，表 3 同。

表 3 不同树种行道树形态因子与风险因子相关性分析

树种	形态因子	偏冠度	倾斜度
榕树	树高	0.151**	0.109*
	胸径	-0.071	0.039
	冠幅	-0.344**	-0.084
红花羊蹄甲	树高	0.197*	0.089
	胸径	0.202*	0.122
	冠幅	0.033	0.197*
非洲楝	树高	-0.048	-0.137
	胸径	-0.150	0.197
	冠幅	-0.439**	0.105

树体缺陷，如树体倾斜、树冠偏斜、树体损伤等；有 11.2% 的树木存在安全风险。由此可见，行道树受城市环境、自然灾害、施工技术以及自身生长特性等多种因素影响，易出现不同类型的树体结构缺陷，从而可能导致树体失衡，抗风能力降低，在台风等极端天气下存在树体倒伏、枝干折断等安全风险。这与刘合香^[11]、肖毅强^[12]、郭子燕^[13]的研究结论具有较高的一致性。因此，建立科学、完善的树木安全风险评估体系，定期开展评估工作，对降低树木风险事件的发生概率，保障城市环境安全具有重要意义。

本研究建构的 VTA 评估体系的指标主要涉及树势、树冠、树干、根系及种植环境 5 个部分，而该评估方

法的细化指标较为多样，应根据实际情况选取不同指标，并无统一标准。但 VTA 评估法的部分指标如树冠密度、不稳定枝条比例等通常采取定性评估，无法定量评估，存在一定的主观性，且该法无法准确判断树干内部空腐情况及地下根系生长情况，存在一定盲区。因此，本研究在 VTA 评估结果的基础上，引入 PICUS-3 应力波树木断层画像诊断装置和 TRU 树木根系雷达等先进的无损检测技术，对研究方法进行补充完善，以提高评估的准确性与科学性。

3.2 有针对性地设计、施工与管养

对环市路行道树存在的树体缺陷进行统计后发现，立地环境差导致根系范围受限，以及生长空间不足导致树冠偏斜的出现概率较高，分别为

① 剔除 1 个样本数据。

26.9%和15.4%，说明不良的栽植环境是产生树木安全风险的重要因素。因此，在行道树种规划时，应尽量减少选用榕树等侧根发达、根系较浅的树种；栽植施工时，应与周边建筑物和道路保持一定距离，为行道树后续生长提供充足的空间，包括地下根系生长空间与地上树冠生长空间，以促进树木健康生长，降低安全风险。

行道树形态因子与风险因子的相关性分析结果显示，偏冠度、倾斜度分别与树高、胸径呈显著正相关，表明随着行道树体量增长，其存在的安全风险也随之增加。不同树种的形态因子与风险因子相关性存在一定的差异性，可能是不同树种的生长特性差异所导致。由此可见，行道树栽植后的养护管理工作十分重要及必要。在保持合理冠幅，满足遮荫功能基础上，通过日常修剪控制行道树树高、冠幅，避免行道树因体量过大而产生安全隐患；对红花羊蹄甲等安全风险率较高的树种加强巡查，及时发现隐患并采取有效措施。应推动行道树的精细化管理，不仅要注重行道树的健康状况，更要注重安全风险状况，根据不同树种的生长特性和安全风险状况，采取科学合理、具有针对性的处理措施。

4 结语

行道树是城市绿化的基本骨架，是重要的绿色基础设施，对改善城市生态环境，提升城市景观效果具有重要作用。行道树受到复杂城市环境的影响，易产生风险隐患，影响城市环境安全性。树木风险评估有助于及时发现并排除树木风险，增强城市环境安全性，保障人民群众生命财产安全，促进城市绿化精细化管理，更好地建设“韧性城市”“宜居城市”。

注：本文图片均由作者自绘。

参考文献：

[1] 贾秀娟. 园林树木偏冠和窄冠原因及对策[J]. 中国花卉园艺, 2014(18): 46-47.

- [2] 束庆龙, 曹志华, 张鑫. 树木健康与环境因素的关系分析[J]. 安徽林业科技, 2011, 37(1): 42-44.
- [3] PAINE L A. Accident Hazard Evaluation and Control Decisions on Forested Recreation Sites[Z]. 1971.
- [4] PAINE L A. Coding Hazardous Tree Failures for a Data Management System[Z]. 1978.
- [5] MATTHECK C, BRELOER H. Field Guide for Visual Tree Assessment(VTA)[J]. Arboricultural Association Journal, 1994, 18(1): 1-23.
- [6] 黄颂谊, 沈海岑, 陈峥. 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.
- [7] 韩付家. 树木风险评估研究概况[J]. 山东林业科技, 2013, 43(5): 90-94.
- [8] 夏聪, 黄华枝, 龚志勤, 等. PICUS在华南地区古树健康状况与安全评估中的应用研究[J]. 河北林业科技, 2015(3): 24-26+30.
- [9] 贺东鹏, 武发思, 徐瑞红, 等. 探地雷达在莫高窟窟区树木根系探测方面的应用[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(2): 86-91.
- [10] 黄颂谊, 陈峥, 黄桂莲, 等. “山竹”台风对广州市滨江园林树木的影响——以临江大道及带状公园为例[J]. 中国园林, 2020, 36(11): 127-132.
- [11] 刘合香, 卢耀健, 王萌, 等. 基于信息扩散技术的华南海岸台风灾害风险评估[J]. 热带海洋学报, 2020(3): 31-41.
- [12] 肖毅强, 古亚宁, 林瀚坤, 等. 台风灾害下城市受损树木的空间分布特征——以广州为例[J]. 风景园林, 2020, 27(10): 112-117.
- [13] 郭子燕, 柯雨沁, 李海燕, 等. 基于台风危害的厦门地区园林树木受损原因研究[J]. 中国园林, 2020, 36(1): 122-127.

作者简介：

贾益兴/1994年生/男/广东广州人/硕士/广州市绿化有限公司(广州510440)/助理工程师/专业方向为风景园林

雷杰/1972年生/男/广东四会人/本科/广州市绿化有限公司(广州510440)/高级工程师/专业方向为果树学

(*通信作者)黄颂谊/1982年生/女/广东广州人/在读博士/广州市绿化有限公司(广州510440)、华南理工大学建筑学院(广州510610)/风景园林高级工程师/研究方向为风景园林工程与技术、园林植物与应用