

85.4.10广州绿化树木风害的分析

唐 友 林

(中国科学院华南植物研究所)

摘要 本文对发生在1985年4月10日的一场风暴袭击下广州绿化树木风害进行了分析。这是一场时间短而破坏性大的风暴,致使许多绿化树木遭受倒、折、扭和裂等损害。在对绿化树木风害的调查研究和分析的基础上,本文阐明了绿化树木风害的大小除与主要的因素风力有密切关系外,其严重程度还决定于树木的健康、生长状况、生态环境和管理水平等因素,并同时讨论了防卸树风害的有效措施。木

一、概 述

广州地处南亚热带,风向受季风的影响十分明显,从4月到九月风向多为东南风或南风,平均风速1.7~2.1米/秒,但在7~9月间常有台风侵袭,风速常达28米/秒,有时可达33.7米/秒;如此急剧的大风,常给绿化树木带来灾害性的影响,造成绿化树木倒、折、扭和裂等风害现象。

本次暴风骤然发生于1985年4月10日上午九时许,其时天色昏暗,狂风大作,雷雨交加,伴有指头大小的冰雹。这场从西向东掠过广州市区和郊区部分地区的暴风,虽然历时仅约十分钟,但阵风达十一、二级,迫使路人闪避,市内交通车辆停驶,一些倒、折、扭和裂的路树压伤路人,损坏车辆、建筑物和供电设备,断枝落叶遍地,堵塞渠道。

据广东省气象台分析,这场暴风、雷雨、冰雹的形成原因,是由西藏高原一个高空低压槽东移,其前部的潮湿不稳定暖空气移到广州时,恰遇北方南下的低弱冷空气,冷暖空气在广州上空上下强烈对流,因此产生暴风、雷雨、冰雹同时出现强对流天气,实属罕见。

该次暴风对广州绿化树木的威胁甚大,沙面一株茎粗近150厘米的大榕树被暴风连根拔起,动物园内茎粗40~50厘米以上的木麻黄、南洋楹、柠檬香桉和南洋杉高等大乔木,在数分钟之内,竟有117株被暴风翻根倒地,或被折断树干,景况令人骇异。暴风对广州市内绿化树木损害的程度各城区不同,乃由于各分区风速、风力的分布不均,以及树木的健康状况特别是根系的健康状况、生长情况、生态环境和管理情况等因素不一致的缘故。鉴于我国南方常有台风侵袭的情况下,借此机会,以广州为例对城市绿化树木的风害及其防卸方法展开研究和讨论,是有实际意义的。

二、几个问题的分析和讨论

1. 风力分布与绿化树木的风害

“85.4.10”暴风是冷、暖空气的强烈上下对流形成,而广州各城区的地形、地物不同,特别是近年一些高大楼群的建立,增加了对自然风流的屏阻和摩擦,致使局部区域

的风力分布和庭园树木风害的严重程度相差悬殊。从广州市内几处栽有树木约500株以上地段的风害情况来看,各城区倒折树木的统计数目差异甚大(见表1);园林树木遭受到最大摧残的首推广州动物园,倒折的树木多达117株,其中连根翻倒的73株,树干折断的有44株,还有许多树冠中枝干折断的没有统计在内。在这些倒折的树木中,除了有一部分植株存在着根系发育不良、腐烂、被挖掘伤断或树干内部有弊病、虫蛀和腐朽等问题之外,其余相当多的植株根系是完好的,躯干是健康的,并且胸径已粗达40~50厘米以上,这类树木中有木麻黄、南洋楹、大叶榕、柠檬香桉、南洋杉等种,它们在暴风中被翻倒、拔起扭转与搬移、折断,估计会遭受到15~30吨或以上的暴力作用。但是,位于市区东部的东山区和位于市东北郊的华南植物园内的风力较次,该二地园林树木遭受暴风的影响不大。

表1 在“1985. 4. 10”暴风 中广州各城区绿化树木风害情况比较

地	段	沙 面	文化公园	烈士陵园	东风路	区 庄	广 州 动物园	华 南 植物所
绿化树木	风倒树木株数	2	0	1	3	3	73	2
风害情况	风折树木株数	3	2	3	0	1	44	0
	风倒风折总数	5	2	4	3	4	117	2

广州动物园位于广州之东北角,周围比较开阔,是该次暴风主要急流点之一,暴风从西北方向横扫过先烈路,直扑向动物园大门越墙而入,冲刷地势较高的“麻鹰岗”,掠过水禽湖,而与从西面水均岗穿过农田和竹林,袭击动物园之象山、澳洲袋鼠袋舍和猴山的一股风流汇合,经东南夺路而出。位于动物园门口的两株高大南洋杉,首当其冲被风拦腰吹之折断,一些松树、红花羊蹄甲和南洋杉幼树,为之连根拔起翻倒、倾侧或扭裂、扭折,墙外木质脆弱的白兰树也有十余株风倒或折断。因为动物园内之“麻鹰岗”地势较高,立于其迎风北坡的大叶榕、松树、银桦、柠檬香桉、小叶桉、木麻黄、竹(一大丛)等27株高大乔木倒折较为严重。土地经过削平的“麻鹰岗”顶,土层瘠薄,栽植在猩、猿等笼舍周围的凤凰木、白千层、红花羊蹄甲、松树等树木根基浅小,倒折者为数不少。至于“麻鹰岗”南坡脚至水禽湖之北畔一段,并不因为地势略低而使树木的风害程度得以缓减,被风倒折的木麻黄大树,仍然有18株之多,约占该地段绿化树木总株数的四分之一。上述树木的倒向,均与风向一致,齐指南偏东。另外,从西面水均岗穿越农田和竹林进入动物园造成树木风倒的倒向,则齐向东或东偏南,树木的损害程度以象山和澳洲袋鼠笼舍附近较为严重,与澳洲袋鼠笼舍西墙一径之隔的一排南洋楹,树身高大,胸径粗达50厘米,8株中有7株倒折于袋鼠笼舍,把铁笼砸坏了好几处,猴山西看台上的一棵大叶榕翻根倒向猴山,险些造成动物逃逸。

上面已经叙述了动物园内水禽湖北畔树木如木麻黄等遭受的严重损害,湖之东南堤上的木麻黄也倒折了12株,蒲桃树翻根倒下的有11株,其数占该地段绿化树木的1/2以上,其他树木如大叶桉、小叶桉、白兰、红花羊蹄甲等也倒折了不少。此处乃西北、西风两股气流汇合之处,两者互相作用,使情况变得复杂,致使溪旁数米大的一丛箬竹亦遭遇风难。可是,栽植于水禽湖中心水禽岛上的大王椰子、假槟榔和皇后葵等棕榈植物却避免了风害,从外观上看不到有什么风害迹象。在种植棕榈植物甚多的华南植物园以及广州市各城区,也未见到因为这次暴风而倒折的棕榈植株。这些事实,正好说明了棕榈植物具有较强的

抗风能力。从这里, 我们可以进一步认识到棕榈植物之茎部的坚韧纤维和节环的增厚加固, 使之机械强度增加, 而又富有弹性, 加之茎干分枝少, 树冠受风面积不大, 以及根部纤维亦甚丰富, 使树木具有较大的根系附着力矩, 这些便是抗风树木很重要的植物学特征。

在整个动物园域内的风难中, 有两个比较平静的小区。其一是位于“麻鹰岗”东侧地势较低的一处凹地; 可能由于“麻鹰岗”的屏阻作用, 种植于该区鸟类笼舍和金鱼廊周围的蒲桃、白千层、台湾相思、蒲葵、竹、小叶桉、羊蹄甲、白兰、软叶刺葵、大叶紫薇、高山榕、南洋杉、落羽松、大王椰子、鱼尾葵、刺桐和木麻黄等等以及其他所有乔灌木花卉, 均无风害现象。另一个受到干扰较少的地方是狮山、虎山, 暴风中只被翻倒了虎山山顶上的一丛攀援植物勒杜鹃, 和风倒了狮山北面的一棵菩提树。这一带绿树较为平安的一个重要原因, 是由于该地之西北面矗立有云山酒店、碧云酒店和龙江酒店等组成的高大建筑群, 其屏阻作用减弱了风速, 改变了气流方向的缘故。

2. 绿化树木根系附着力矩与风倒的关系

一棵生长正常的绿化树木, 端庄正直, 树冠和根系发达匀称。由树冠、树干和树根组成的这个系统, 以其根系及附着的土块作为整棵树木的支柱, 稳固地立于具有弹性的土壤之中。假设由地面与树干中心轴线的相交点作为转轴点, 则树木就是通过这个转轴点来维持其地上部分和地下部分之间的平衡。在静风情况下, 周围空气对树木的总压力等于零。当空气以一定速度水平方向吹过树木时, 周围空气对树木的压力分布就发生了变化, 树前半部压力大, 树后半部压力小, 树木的前后产生了压力差, 这样的压力差便对树木产生了推力。这种推力使树木随大风作摇摆振动。风速越大, 由树前后大压力差产生的推力越大, 树木摇摆越厉害, 尤其在大级数的阵风中, 树前气体压力甚大, 而树后则由于涡流的产生, 气压甚小, 树前后压力相差悬殊的结果, 导致施给树木以巨大的推力, 并能使树木翻倒或折断。

连士华^[1]在研究橡胶树抗倒伏树型结构尺寸时, 得知抗倒伏力学条件是由树冠风载荷产生的倒伏力矩 M 必须小于或等于其根系的附着力矩 $C_{\pm}$, 即 $M \leq C_{\pm}$, 并由此可得出:

$$\mu P^{\circ} \cdot A_{\text{实}} \cdot h_1 \leq C_{\pm} \quad (1)$$

式中 μP° 为树冠单位面积所受动风压(公斤/米²); $A_{\text{实}}$ 为树冠实际受风面积(米²); h_1 为受风树冠中心点距地面与树干中心轴线相交点的高度(米); $C_{\pm}$ 为根系在土壤中附着力矩(公斤·米)。

树木风倒则是树木抗倒伏的反面, 即系树木的风倒是由于倒伏力矩 $M > C_{\pm}$ 根系附着力矩的结果, 其树木风倒的力学关系是:

$$\mu P^{\circ} \cdot A_{\text{实}} \cdot h_1 > C_{\pm} \quad (2)$$

从公式(2)可以清楚地知道决定树木风倒的一些主要因素, 但是, 还应该知道在这些因素中, 又包含着影响树木风倒的多个因子, 情况比较复杂。例如树木的品种、管理情况、土壤的坚实度、系根的健康等等都和树木的根系附着力矩有着极其密切的关系。上述指出茎干分枝少, 树冠受风面积不大的棕榈植物, 其抗风能力之所以比较强, 就是由于其健壮根系在土中的附着力矩常大于树冠风载荷产生的倒伏力矩的结果。至于根系的衰退方面, 可以考虑到广州动物园内动物笼舍密集, 道路交错纵横, 在有限的路旁和笼舍周围树木难得有充分的地方伸展根系, 迫使路旁沟边的树木根系不能四面均匀分布, 并且道路施工和建筑物修缮时, 时有伤害树木根系的现象, 这样, 微生物从伤口的入侵, 使受创树木的部分根系和树头逐渐

腐朽,白蚁也可能从伤口蛀入,损坏树根的木质结构,使树木局部地或完全丧失根系附着力矩。一些根系腐朽厉害的凤凰木甚至会达到弱不禁风的程度,所以,尽管在4月10日暴风来临时,它们尚未抽出新的枝叶,树冠上尽是一些往年生的光秃枝条,树冠的实际受风面积 $A_{实}$ 很小,仍然因为根系附着力矩的丧失,致使树木不堪暴风之扑击而倒地。根据现场观察结果出,广州市区街道和路旁在这次暴风中风倒的细叶榕、石栗、白千层、凤凰木、小叶看桉、塞楝和厚壳树等树木,十中有九是由于根系腐朽减小根系附着力矩所致。立于沙面北街距西桥不远的一棵径粗约1.5米的细叶榕,侧临河边,靠河边一侧没多少生长树根的余地,根系主要分布于向里一侧,在修路和修河堤砌石时又伤害部分支持根,竣工复土后,有约三分之一根系腐朽至树头,树头受创一侧虽然长有不少新根,但细小而幼弱,根径均在8~9厘米以下。如此一棵大榕树,冠面宽阔,受风面积很大,可惜它却缺少足够的根来支持,并且根系遭受重创的一侧,正是朝向西北,恰巧与来自西北方向的暴风相迎,自然不敢而倒向东南。

广州动物园内土壤含砂和砾石较多,属红色页岩、砂岩和砾岩发育而成的砂质土壤,土质轻松不实,加之暴风之前数日,又连续下过几场透雨,土壤湿绵,大大降低了土壤坚实度。土壤坚实度是直接影响树木根系附着力矩的重要因素之一,是一个不容忽视的问题。因为只有在土壤存在适当坚实度的情况下,树木根系才能扎牢,倘有不足,则即使树木具备非常健全的根系,在暴风中作强烈摇摆振动时,其地下根系也会“抓空”,失去了根系附着力矩所依赖的根本。所以,从“麻鹰岗”顶、犀牛山、猴山等处一些倒伏树木的裸露根系看来,均比较完整,但抓不住土块,且根系之断裂者多系距离树头较远的小根。由此可见,在常风较大地区,于土层瘠薄、土质松散的狭窄范围之内,要栽植高大乔木是值得加以考虑的问题。因为树木的根系在这些地方难于深入土层并充分生长而获得足够的附着支持,便会导致树木头重脚轻根底浅的异常情况,对树木的抗风势必不利。

用于庇荫的树木多种植于民众活动频繁的街道、路旁、庭院和娱乐场所,树根容易遭到机械和建筑活动等的切割伤害和其他人为伤害,其中尤其是接近树头挖坑的切断树根,会直接造成树木支持根的不足,降低了树木的根系附着力矩,这时,如果注意相应地减削树冠,以缩小树冠受风实际面积 $A_{实}$ 的尺寸,从而使得由于根系伤害减小根系附着力矩而失去抗风能力的力的平衡获得重新调整。适当削薄树冠,还可以减轻根系对树冠补给的负担,则有利于根系生长的恢复。这里需要提醒注意的是靠近树头挖坑的切割树根,虽然从树木外观上并不一定即时表露不适之处,但是遗留的伤口,则为微生物和虫蚁入侵蛀蚀根系创造了机会,日后树根树头的逐渐枯烂,即使于静风环境条件下,一些树木也会因为支持根的不足而发生危险事故,这是近年来广州市区街道和庭院屡有大树自然倾斜和突然倒伏的原因。

3. 保护树木具有足够的支持结构

健康的绿化树木茎干持有一定的弹性,乃其木材中的木质纤维彼此可以作适当的滑动的缘故。木质纤维的这种弹性作用,使树木在风载荷作用下往复振动,产生弯曲或扭转的弹性形变。在大风中不倒伏的一些树木的弯曲振动或扭转振动,能够使树木在风振载荷产生的交变应力作用之下引起树干疲劳而突然折断。当风压动力不停地增加,达到超过木材的极限强度时,受到纵向弯曲和横向扭转的联合作用的树木,便会迅速被扭断或劈裂。特别是在暴风中爆发性强风流的突然冲击下,冲击应力瞬时超过了树木弹性形变的极限强度,其弹性变形

不足以吸收和消散这种巨大的冲击能量, 树木便立刻风折或被扭断和劈裂。遭受这些风害症状的以树干挺拔的木麻黄、大叶桉、小叶桉、柠檬香桉、团花、南洋楹和木质脆弱的白兰树较为多见。当纵向冲击和横向扭转联合作用时, 还可以把近十米宽的簕竹丛砸塌平贴于地, 或把径粗合抱的木麻黄大树连根拔起, 搬置于另一位置, 偶有急剧旋转风气流能够在一两秒钟之内, 把一棵大树如红花羊蹄甲的全部绿叶强行剥落清光。从这些风害现象可以知道, 由空气上下强烈对流所形成的暴风对于绿化树木的损坏的力学上的作用是比较复杂的。在观察中可以看到, 为暴风折断的健康树如南洋楹和木麻黄等树干的折断口, 残留有参差不齐的木质纤维裂丝, 而内部有弊病的树干之断裂口, 则无此种较长的木质纤维裂丝, 断口较为钝平, 有时, 还可以观察到为白蚁蛀食的痕迹, 材色陈旧, 或为微生物寄生使之腐朽的废木材。这些树木多为白千层、石栗、小叶桉、凤凰木、南洋杉等树种, 因为遭受人畜的机械伤害树皮而木材局部裸露, 继后白蚁蛀食或微生物侵害致腐朽, 使树干受害的部分失去弹性, 造成支持结构不足和在暴风中心应力集中而发生断裂。在树木皮层损坏和木材被蛀蚀或变色腐朽的情况下, 树木伤口附近及以外的形成层细胞仍然活着和继续生长, 树木仍然能够维持其正常的生命活动, 但是不能把它们看作健康树。因为虫蛀和腐朽继续发展到一定程度时, 树木将不能支持自身的重量而自然折断倒地。然而, 暴风的突然袭击却不容许它们活到那个时刻。因而, 人们总是把树木的折断统统归咎于大风, 而对一些树木因支持结构不足或结构衰退等造成的折断知之不足。

一些树木如白兰树在树皮损坏后, 伤口附近皮层迅速地生长, 很快就把暴露于空气中的木材完全包埋致密, 减轻或避免了外界不良条件的侵蚀, 对保证树木具有足够的支持结构有十分积极的意义。然而, 另外一些树木如凤凰木等在树皮遭受破坏后, 虽然形成层的活动比较活跃, 伤口周围的皮层生长也很快, 但是因为木质结构轻松, 多在新皮尚未封盖之前就已经为微生物侵害, 木材开始变色、腐朽, 甚至长出一些菌托, 有的虫蚁也来趁机蛀食, 致使伤口不能为皮层闭合, 年深日久, 则木材的创伤范围随着生长不断扩大, 而皮层的不断生长, 却在腐朽木材的边缘形成了生长异常的溃疡状态, 这种树木最终也无须强风而自坠, 乃至酿成突然危害民众生命财产的事故。对于这种活着的危险树, 应该倍加警惕。

活树的木材是各向异性和非均一性材料, 其力学性质与密度、湿度、树龄、立地条件和生长情况等有关, 并且随着树干的纵向和径向位置不同而异, 其抗压、抗风强度以树基部最大, 愈是接近树冠者则强度愈低, 也就是愈容易弯折。但是, 愈是靠近树基者则在风中所受应力愈大, 恰巧, 正是这些接近地面的树干和树基部又最容易遭受到人、畜和机械等的损害, 致使风中应力过于集中受创范围而容易断裂。所以, 为了保证树木持有足够的支持结构, 必须保护树木的木材特别是树干和树基部的木材不受侵害。为此, 保护树皮的健全是相当重要的。

4. 加强栽培管理和防风工作

加强树木的栽培管理, 培植健壮树木, 一般在苗圃时就着手开始, 大苗圃经常注意疏苗, 移植时留足株行距, 保证幼树有充分生长的空间, 避免因为种植过密和阳光不足的徒长现象。对于树皮容易遭受损坏的白兰、白千层、凤凰木等树苗应该防避牲畜的残踏和损害, 使由于树皮损坏而招致虫蛀和寄生生物侵蚀等弊病得到减少或避免。欲定植于庭院、街道、路旁、娱乐场所等处的树苗, 应该经过严格挑选, 不可因为苗木暂时不足而滥竽充数。树木成

长之后,仍然需要提倡文明,爱护树木,经常留心树木可能出现的衰退症状,及早检测出树木潜在危险的原因并排除不良因素的影响,预防危险树的产生。倘若建筑挖坑等施工大量损害树木支持根时,必须采取相应削薄树冠的办法来保持树木静立的力学平衡和增强抗风能力。靠近楼房的大树,树身或树冠多倾离楼房或侧向街心,这些树木的支持根被严重切割之后,不一定都立时倾斜或倒下,然而,它们日后都有可能变成危险树。此等事例,近年在广州市区内是屡见不鲜的。沙面大街在挖掘电缆槽坑时,大量切断许多老樟树、老榕树的支持根,同时相应地裁减树冠,暂时缓解了树木的稳定和抗风问题。但是,决不能就此认为事情已经万事大吉了,因为日后树木是否会变成危险树,还得以树木今后能否获得大的根系附着力矩而作出最后决定。因此,在台风路径多变,风速、风力随时不定的情况下,还需要在防卸危险树断裂和风倒方面作出努力。例如,及时发现和搬掉死树和垂死树,截去岌岌可危的分桠,可以使自坠和风倒事故得到限制。对于死树,垂死树以及有严重伤害而呈现出衰退症状的树木,均比较易于识别,而对于因为建筑施工的挖坑或堆土伤害根系的一些树木,其树冠可能需要经过若干年之后才表露衰退迹象,对于这些树和内部虽隐匿着缺陷和腐朽木质组织而外表貌似好树的一些危险树的识别,往往比较困难。故此,为了及早拯救一棵树或及时淘汰一棵危险树,熟练地掌握树木病征、衰退症状的知识以及检测危险树支持结构衰败指标的方法都是非常有效的。在美国麻省, Tattar^[3]用电阻测定法,在对树木作出砍去或加以保护的重大决定之前,都测到一些有关结构衰弱的精确资料,对指导生产实践有很大意义。

三、总 结

1. 城市的地形、地物对暴风之风力和风速有重新分配作用,因而立地不同的绿化树木其风害程度有所差异。高大建筑群的屏阻对树木的防风有很大好处。

2. 园林树木的风倒原因,是由于风倒力矩大于根系附着力矩的结果,其力学关系是 $\mu P^{\circ} \cdot A_{\text{实}} \cdot h_1 > C_{\pm}$;风倒力矩的大小决定于风压力 μP° ,树冠实际面积 $A_{\text{实}}$ 和树冠中心高度 h_1 等因素;根系附着力矩则受根系健康、生长情况和土壤坚实度等的影响。

3. 近年在城市扩建和改造中,于旧城区的大树旁挖掘坑道以埋藏电缆槽、水管和下水道等,大量切割树根,致使一些树木因支持根不足而自坠或风倒。对大树特别是老树支持根的切割伤害与幼树切根挖掘移栽不同,因为老树根系受创后难于恢复生长,并容易遭受虫蚁和微生物之侵蚀,使根系腐烂。

4. 凡在大树附近建筑施工,施工线宜远离树木,最小距离不应小于150厘米。在产生根系切割损伤时,应相应裁薄树冠,以缩窄树冠受风面积,减少风倒力矩。

5. 树木茎干局部木质组织的衰败,可导致风载荷应力的过于集中,使之折断。保护树皮的健全是保证树木中木材不受外界损害并持有足够支持结构的重要环节。

6. 加强园林树木的栽培管理,培植健壮树木,及时搬走危险树和垂死树,可使树木风倒得到减少或避免。

参 考 文 献

- (1) 连士华, 1984: 橡胶树风害成因问题的探讨. 热带作物学报, 5 (1) : 59—72.
- (2) 吴郁文, 1978: 广州地理. 广东人民出版社出版.
- (3) Tattar, T.A. 1978: Diseases of Shade Trees. Academia Press, New York San Francisco London.

AN ANALYSIS ON DISASTER OF WINDSTORM OF GUANGZHOU SHADE TREES IN 10 APRIL, 1985

Tang You-lin

(South China Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract This paper analyzed the disaster of windstorm of Guangzhou shade trees. The windstorm was happened in 10 April, 1985. It was a short time windstorm only about ten minutes, but had a strong damage to the shade trees. It made a lot of shade trees windfall, breaking off, twisting off and creaking. On the basis of investigation and analysis of disaster of windstorm of shade trees, that the severity of windstorm injury is not only concerned in the main factor of wind force closely, but also depended on the factors of health, growth condition, ecological environment and managerial level of the trees are explained in this paper, and the effective preventive measures of disaster of windstorm of shade trees are discussed simultaneity.